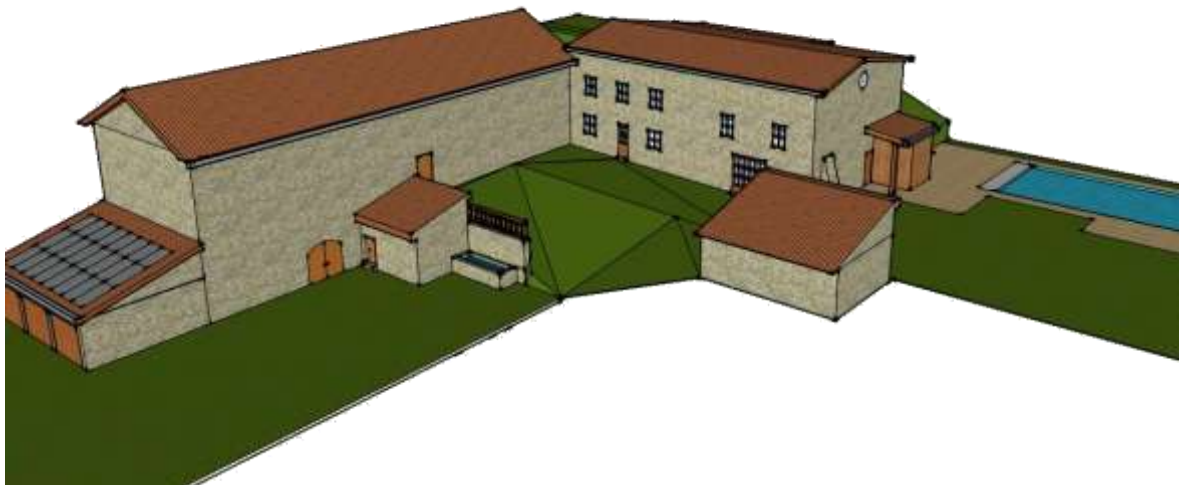


## UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID



DEPARTAMENTO: INGENIERA TÉRMICA Y DE FLUIDOS.

TITULO: CAMBIO NECESARIOS EN UNA VIVIENDA PARA  
CONSEGUIR LA AUTONOMIA ENERGETICA.



Tutor: Antonio Soria Verdugo  
Estudiante: ABRIAL Mathieu

## Hoja de Proyecto

**Título: CAMBIO NECESARIOS EN UNA VIVIENDA PARA CONSEGUIR LA AUTONOMÍA ENERGÉTICA.**

**Autor:** Mathieu Abrial

**Tutor:** Antonio Soria Verdugo

### EL TRIBUNAL

**Presidente:**

---

**Vocal:**

---

**Secretario:**

---

Realizado el acto de defensa y lectura del Proyecto Fin de Carrera el día  
\_\_ de \_\_\_\_\_ de 20\_\_ en Leganés, en la Escuela Politécnica Superior  
de la Universidad

Carlos III de Madrid, acuerda otorgarle la calificación de  
\_\_\_\_\_.

**VOCAL**

**SECRETARIO**

**PRESIDENTE**

## **RESUMEN**

El asunto del proyecto viene de un dueño de una vivienda en el centro de Francia. El estudio pedido debe estudiar de una parte la casa: realización de planos 3D de la vivienda y cálculo de las pérdidas especialmente en invierno. Como el objetivo es de cambiar de modo de producción/consumición de energía para los 20 próximos años, ha sido necesario estudiar las grandes orientaciones del sector para esos 20 años.

Es muy claro que el sector de la producción de energía se orienta rápidamente hasta medios de producción limpios o con un mínimo de polución. Así he estudiado los diferentes tipos de energía aplicable a una escala pequeña. Los cuatro tipos estudiados son los paneles solares, las turbinas eólicas, las micro-turbinas hidráulicas y la geotermia.

Para entender de un lado el punto de vista práctico y de otro lado teórico, he empezado por contactar a empresas del sector en la región de la vivienda. Durante esas visitas, he podido entender que las micro-turbinas y las turbinas eólicas no son aplicables en la región para tamaño tan pequeñas. Así he podido estudiar más en detalle la geotermia con la empresa STEE y los paneles solares con la empresa Atl'Energy. Esas empresas me han permitido utilizar sus softwares de previsión y de simulación para la vivienda.

Si después de esas visitas, tuve una buena idea de la posibilidad de la realización técnica, tuve que pedir unos presupuestos a otras empresas para trabajar sobre la rentabilidad de tal proyecto. De este análisis sale que solo los paneles fotovoltaicos son rentables debido al alto precio de compra de la energía eléctrica por EDF.

Al final este informe contiene todas las informaciones para realizar tal proyecto si el dueño lo decide (fiscalidad, garantías, precios, consejo de 4 empresas instaladoras de paneles solares, comparación de los diferentes tipos de paneles...)

De un punto de vista personal, este proyecto ha sido una oportunidad muy buena de utilizar los conocimientos aprendidos durante los cursos de "técnicas energéticas" año 2010/2011 en la Universidad Carlos III de Madrid. Pero lo más importante es de haber tenido la posibilidad de confrontarlos con un caso práctico lo que es el verdadero trabajo de un ingeniero.

## **ABSTRACT**

The subject of this project comes from an owner of a farm in the center of France. The study should first consider the House study: 3D map, calculus of energy losses especially in winter. Since the objective is to change the mode of production / consumption of energy for the next 20 years, it has been necessary to study the sector's strategy for those 20 next years.

It is clear that the field of energy production is rapidly moving to produce clean energies or to develop production means with minimal pollution. As a consequence, I studied the different types of energy applied to a small scale (one house). The four types studied in this report are solar panels, wind turbines, micro-turbines for water and geothermal energy use.

To understand the practical point of view and the theoretical side, I started to contact companies in the geographic area of the house dealing with these energies. During these visits, I could understand that micro-turbines and wind turbines are not applicable in the region for such small size. So I could focus with the company STEE on the geothermal energy and on solar panels with the company Atl'Energy. These companies have allowed me to use their software to forecast and simulate the project.

If after these visits, I had a good idea of the possibility of technical realization; I had to ask other companies for budgets in order to work on the profitability of such a project. This analysis leaves only photovoltaic panels profitable due to the high purchase price of electricity by EDF.

This report contains all the practical information to launch such a project if the owner decides to (taxation, guarantees, prices, advice of four companies specialized in solar panels, comparison of different types of panels etc.)

From a personal point of view, this project has been a very good opportunity to use the knowledge learned during the courses of "tecnicas energeticas" during the year 2010/2011 at the University Carlos III of Madrid. But most important is to have been able to confront them with a practical case study which is the real work of an engineer.

## **AGRADECIMIENTOS**

*En primer lugar quiero agradecer a Antonio SORIA VERDUGO, mi tutor en la Universidad Carlos III de Madrid por su apoyo y sus consejos en el desarrollo de este Proyecto.*

*Quisiera dar las gracias especialmente a la dirección de la empresa STEE, que dedicó mucho tiempo a informarme en los diferentes ámbitos del proyecto y que siguió mi trabajo sobre la geotermia.*

*También destino un agradecimiento a David MICHEJDA, Silvain GIRAUD, Raphaël MAZARD y Joseph MALTZEF con quienes tuve la oportunidad de hablar y trabajar en cuanto a la realización técnica y práctica del proyecto.*

## **INDICE GENERAL.**

1	INTRODUCCIÓN .....	11
1.1	Planteamiento y problemática. ....	11
1.2	Objetivos.....	12
1.3	Metodología .....	12
2	DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL ENTORNO. ....	14
2.1	Análisis del entorno energético en Francia al cabo del año 2010. ....	14
2.2	Análisis del entorno económico mundial y de las estrategias energéticas actual. ....	16
2.2.1	Historia de las revoluciones industriales.....	16
2.2.2	Situación actual del mercado de las energías.....	18
2.2.3	Evolución de los precios de los medios energéticos.....	21
2.2.4	Análisis de la esos datos. ....	23
2.2.5	Existe una fuerte relación entre precio de la energía y salud de la economía. ....	25
2.2.6	La factura/deuda ecológica.....	25
2.2.7	Objetivos de la política energética europea.....	27
2.3	La tercera revolución industrial, una opción para asegurar una transición rápida y verde.....	29
2.3.1	Pilar 1: La elección de la energía verde.....	29
2.3.2	Pilar 2: Una transformación de los edificios. ....	31
2.3.3	Pilar 3: El almacenamiento.....	32
2.3.4	Pilar 4: Energía e internet. ....	33
2.3.5	Pilar 5: Los transportes eléctricos.....	34
2.3.6	Existe un futuro para esa revolución.....	36
3	ANÁLISIS DE LA VIVIENDA.....	37
3.1	Realización de planos .....	37
3.2	Definición de la envolvente térmica y cerramientos.....	38
3.3	Cálculos de las pérdidas en invierno.....	40
3.3.1	Calculo de las superficies. ....	40
3.3.2	Calculo de las resistencias térmicas de las paredes.....	41

3.3.3	Selección del parámetro "t".....	42
3.3.4	Cálculo de las perdidas por conducción. ....	42
3.3.1	Cálculo de las pérdidas por ventilación: .....	44
3.3.2	Cálculo de las perdidas por infiltraciones:.....	45
3.3.3	Calculo de la potencia de calentamiento necesaria. ....	46
3.4	Estudio del consumo eléctrico de los últimos años.....	46
4	ANÁLISIS DEL ENTORNO DE LA VIVIENDA, DE SUS RECURSOS ENERGÉTICOS LOCALES. ....	48
4.1	Recursos energéticos en el entorno de la vivienda. ....	48
4.1.1	Energía hidráulica. ....	48
4.1.2	Energía eólica.....	49
4.1.3	Energía solar. ....	58
4.1.4	Energía geotérmica. ....	58
4.1.5	Elección de los medios de producción aplicables.....	59
5	Estudio de los diferentes medios aplicables de captación de energía.	59
5.1	Generalidades sobre la producción mundial de energía limpia.....	59
5.2	Estudio de la captación de calor geotérmica. ....	62
5.2.1	La empresa. ....	62
5.2.2	Los mercados locales y nacionales: .....	63
5.2.3	Historia de la instalación de bombas de calor en Francia: ...	64
5.2.4	La tecnología de la bomba de calor.....	64
5.2.5	Descripción del sistema. ....	65
5.2.6	Rendimiento de una bomba de calor.....	66
5.2.7	Las tres fuentes de energía geotérmica.....	66
5.2.7.3	Captación desde agua de un acuífero. ....	68
5.2.8	Ejemplo: .....	68
5.2.9	La importancia del aislamiento.....	70
5.2.10	Tecnología de captación de energía en el suelo. ....	70
5.3	Captación de energía solar.....	73
5.3.1	Historia de la tecnología fotovoltaica. ....	73
5.3.2	Economía mundial de los paneles solares. ....	74
5.3.3	En Europa. ....	75

5.3.4	Radiación e irradiación.....	75
5.3.5	Los diferentes tipos de celdas solares. ....	79
5.3.6	Aplicación a la vivienda.....	80
6	DISEÑO DE LA INSTALACIÓN COMPLETA. ....	94
7	ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	95
7.1	Análisis coste-beneficio. ....	95
7.2	Ventajas e inconvenientes del cambio. ....	95
8	ETAPAS Y PRESUPUESTO DEL PROYECTO FIN DE CARRERA .....	97
8.1	Presupuesto.....	97
9	REFERENCIAS.....	99
10	ANEXOS.....	102
10.1	ANEXOS 1 : Tablas de cálculo de las perdidas energéticas en la vivienda.....	102
10.2	ANEXOS 2 : Diseño del sistema fotovoltaico con el software Archelios.....	104
10.3	ANEXOS 3 : Ejemplo de seguro de las empresa instaladora. ...	111
10.4	ANEXOS 4 :Certificación de cualidad de la empresa.....	112
10.5	ANEXOS 5 : Convertidor SMA 300 TL.....	113
10.6	ANEXOS 6 : Tabla de características de los paneles solares AUVERSTYLE II. ....	114
10.7	ANEXOS 7 :Presupuesto del proyecto de 9kW.....	115



## **INDICE DE FIGURA:**

Figure 1 : Reconstitución 3D de la casa. ....	11
Figure 2 : Diagrama de la metodología de resolución de la problemática. ....	13
Figure 3 : Segmentación de los medios de producción de energía eléctrica. ....	15
Figure 4 : Evolución de los precios de las energías en Francia. ....	16
Figure 5: Evolución de la consumición de la energía mundial. ....	19
Figure 6: Evolución del precio del barril de petróleo. ....	22
Figure 7: Evolución del precio del gas natural en 5 sitios del mundo. ....	22
Figure 8 : Evolución del precio del carbón en 5 sitios del mundo. ....	23
Figure 9 : Evolución de la consumición de energía mundial. ....	27
Figure 10 : Evolución de la parte de producción de energía a partir de medios renovables. ....	30
Figure 11: Previsión de crecimiento y de su composición. ....	35
Figure 12: Fotografía de la casa estudiada. ....	37
Figure 13 : Reconstitución en 3D de la casa estudiada. ....	38
Figure 14: Definición del envolvente de la casa. ....	39
Figure 15: Esquema del envolvente de la casa con las temperaturas de cálculo. ....	39
Figure 16 : Simplificación del muro para el modelo teórico. ....	42
Figure 17: Evolución de la factura eléctrica de la casa. ....	47
Figure 18 : Evolución del precio de facturación del kWh. ....	48
Figure 19 : "Rose des vents". ....	50
Figure 20 : Ejemplo de notación para un viento "Norte -> Sur" de velocidad 9 m/s. ....	51
Figure 21: mapa de la velocidad media de los vientos para el departamento de la vivienda. ....	55
Figure 22: Leyenda de la mapa de los vientos. ....	55
Figure 23: Curva del límite de Betz para los diferentes tipos de turbinas. ....	57
Figure 24: Mapa de energía proporcionada por el sol en Francia. ....	58
Figure 25: Evolución de la producción de energía mundial. ....	60
Figure 26: Segmentación del crecimiento energético por medio. ....	61
Figure 27: Diferencia entre OECD y non-OECD país en la producción energética. ....	62
Figure 28 : Esquema del ciclo de una bomba de calor. ....	65

Figure 29: Medio de almacenamiento de fluido refrigerante.....	68
Figure 30: Sistema de captación horizontal. ....	70
Figure 31 : Maquina de perforación. ....	71
Figure 32 : Esquema de un pozo de geotermia antes de llenarlo. ....	72
Figure 33 : Distribución de la producción mundial de energía renovable. ....	74
Figure 34 : Tasa de crecimiento anual entre 1998 y 2008 para los diferentes medio de producción de energía renovable.....	74
Figure 35 : Tasa de crecimiento entre 2007 -2008 en Francia para los diferentes medios de producción de energía renovable. ....	75
Figure 36 : Mapa de la intensidad solar en Europa. ....	76
Figure 37 : Mapa de la intensidad solar en Francia. ....	77
Figure 38 : Resultado encontrado por el software Archelios para este proyecto. ....	81
Figure 39 : Producción anual teniendo en cuenta la perdida de eficiencia de los paneles solares. ....	82
Figure 40 : Previsión de la aumentación del precio de compra de la electricidad basada en la previsión de inflación en la industria. ....	83
Figure 41: proyecto del garaje en construcción.....	86
Figure 42 : Evolución de la Energía Gris para la producción de paneles solares. ....	89
Figure 43 : Convertidor SMA 3000 TL. ....	90

# **1 INTRODUCCIÓN**

## **1.1 Planteamiento y problemática.**

La vivienda que vamos a estudiar se sitúa en el pueblo de Jonzieux (42660) en el centro de Francia, cerca de la ciudad de St Etienne. Es una zona de media montaña con altitud desde cuatro cientos metros hasta mil quinientos metros. En nuestro caso la casa está a novecientos metros de altitud. Las temperaturas cambian mucho durante el año desde menos veinte grados en invierno hasta unos 35 grados durante el verano. La vivienda se compone de la parte habitable (a la derecha), de una granja (parte izquierda) y de una piscina.



**Figure 1 : Reconstitución 3D de la casa.**

La casa se utiliza solo unos días al año, menos de dos meses y por eso se utiliza la electricidad para calentar la casa. El entorno de la vivienda se compone de campos, de una fuente de agua que pertenece también al dueño. La exposición de la casa es Norte-Sur.

La vivienda tiene muchos recursos locales que no están explotados para alimentar la vivienda en electricidad y calor. Así para eso primeramente trataremos de entender cuáles son los grandes retos energéticos mundiales hoy en día. Después compararemos la posibilidad de sacar beneficios de la instalación con una comparación de los diferentes medios de producción de energía.

## 1.2 Objetivos.

En los próximos años, por necesidad o por interés, todas las estrategias de consumo, de producción o más generalmente de gestión de las energías van a cambiar de manera rápida e irreversible. Este cambio ya es visible en Alemania o Japón pero un cambio más global desde un modo de producción vertical desde una planta de producción muy concreta hasta los clientes para un modo de producción horizontal llamado “peer to peer” en inglés.

Por eso este proyecto tiene como primer objetivo entender esos retos para tratar de adelantar los cambios como se trata de una inversión para sistemas funcionando en los próximos 20 años. De esto sacaremos los diferentes medios de producción sostenible para suministrar la energía necesaria a la vivienda. El segundo mayor objetivo de este proyecto es encontrar a profesionales de cada sector para tener datos y consejos sobre la realización de los cambios pensados. Estudiaremos las tecnologías de cada medio aplicable más en detalle.

El objetivo final es comparar el consumo teórico de la casa con las posibilidades de producción y de encontrar un sistema de producción consumición rentable para el dueño.

## 1.3 Metodología

En cada proyecto bastante grande, la metodología es una llave de éxito fundamental para asegurar la calidad del resultado y para acabarlo en un tiempo razonable.

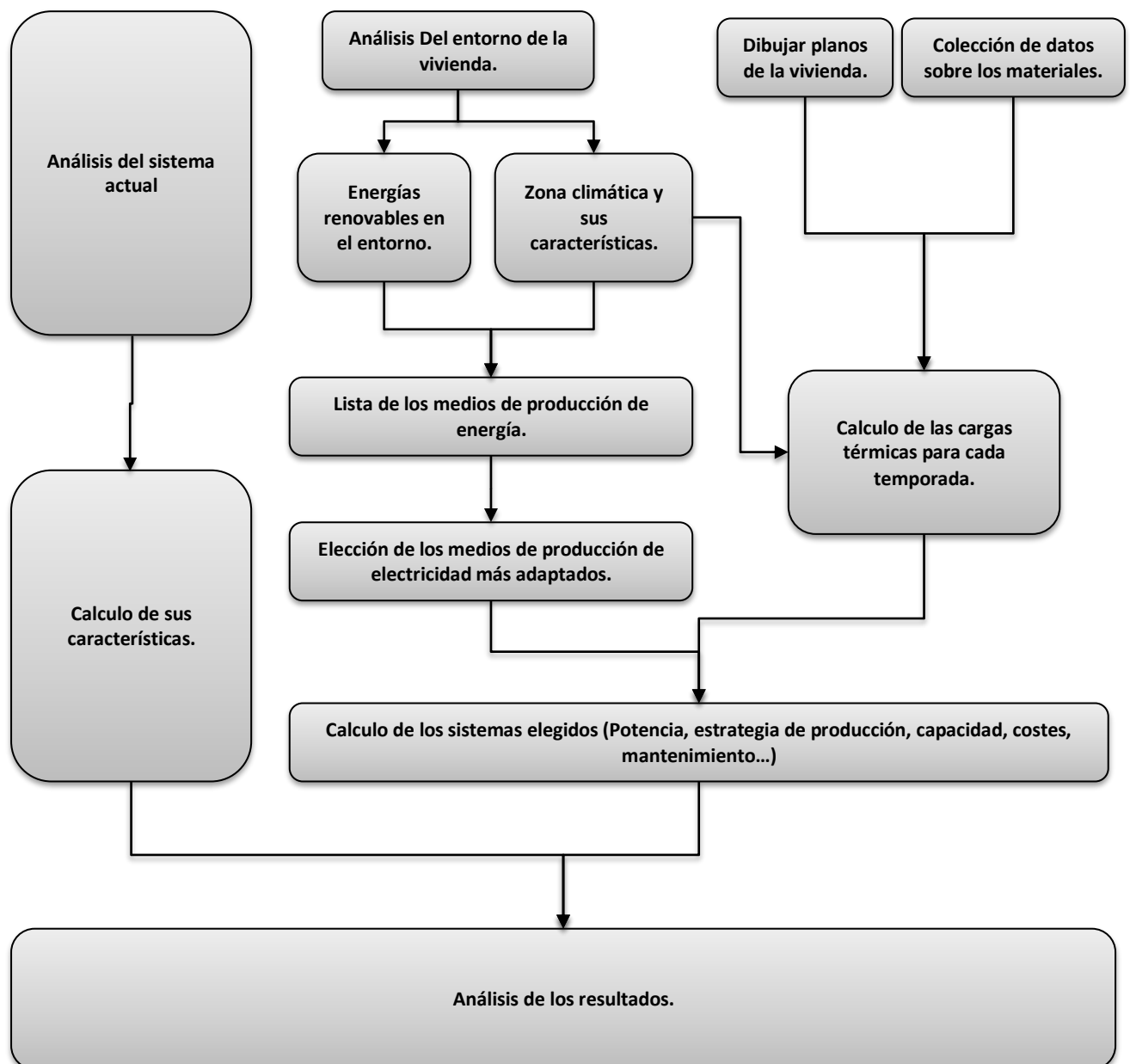
La dificultad metodológica de este proyecto es empezar a partir de nada, es decir con la única idea de trabajar sobre el cambio de suministro energético de una vivienda: desde una conexión simple a la red de EDF hasta la autonomía completa de la casa. Sin metodología precisa el proyecto podría empezar pero una gran parte del trabajo no sería fácil de reutilizar después para reunir todas las partes.

Así el proyecto se descompone en tres gran partes cada una respondiendo a un objetivo del proyecto, la primera será entender los grandes retos del sector energético y más precisamente en relación con las energías renovables. La segunda tratará del análisis de los diferentes

medios de producción de energía renovables y por fin la adaptación a la vivienda de esos medios con un análisis de su consumo energético.

Una vez identificadas las tres grandes partes del proyecto es necesario dibujar el diagrama de progresión del proyecto es decir organizar en el tiempo el trabajo y decidir un orden para cada tarea. Esto permite un lado de cambiar cada semana de tipo de tarea para mantener una motivación completa y del otro lado no perder tiempo cada día preguntándose lo que hacer o perder tiempo a organizarse cada día.

El grafico a continuación describe la progresión probable del proyecto.



**Figure 2 : Diagrama de la metodología de resolución de la problemática**

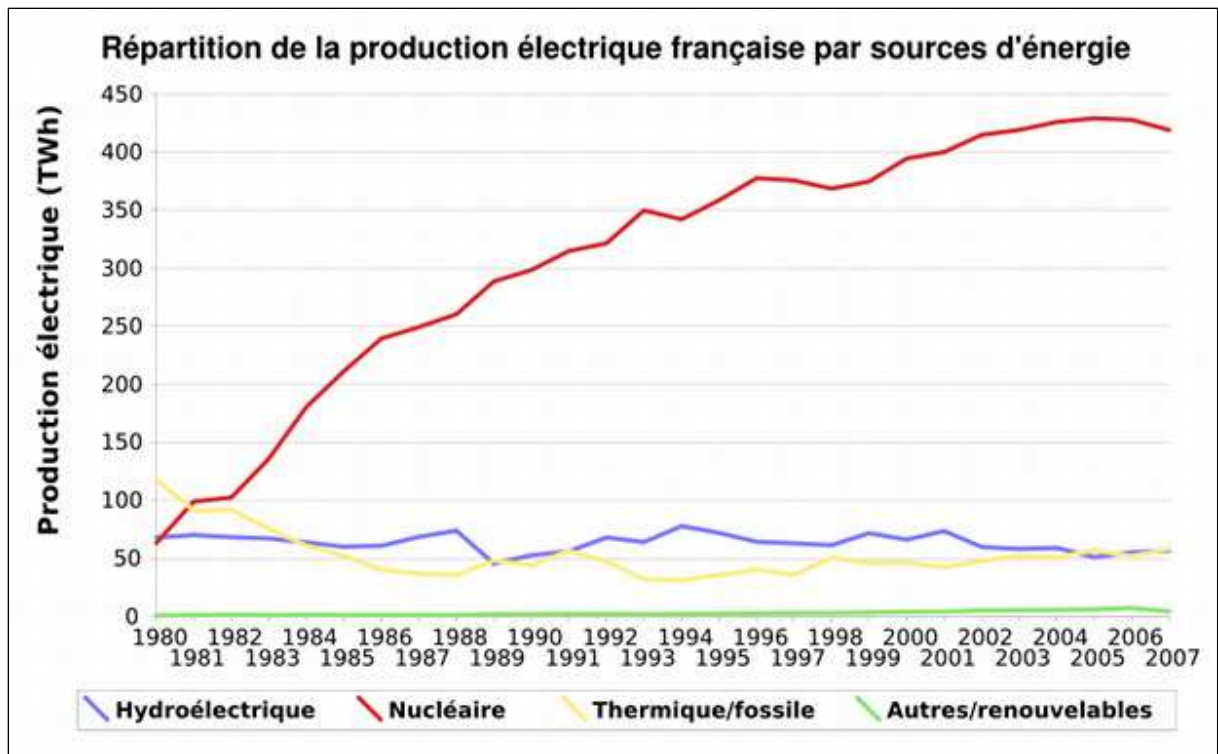
## **2 DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL ENTORNO.**

El proyecto se orienta hacia las energías renovables de una parte por razones económicas (reducción de impuestos por la instalación de medios de producción renovables) y por preocupaciones ecológicas del dueño. Esa doble preocupación para tener un sentido debe también tener en cuenta el entorno mundial y las orientaciones que van a elegir los países desarrollados en cuanto a la producción de energía.

### **2.1 Análisis del entorno energético en Francia al cabo del año 2010.**

La vivienda utiliza hoy casi solo electricidad para producir agua caliente, calentamiento y cumplir los diferentes usos domésticos. Por eso es muy interesante analizar la tendencia de los precios de la energía en el futuro.

De un lado la repartición del suministro eléctrico en Francia depende poco de los cambios de precios de las materias primas gracias al uso masivo de las tecnologías nucleares. Una característica de este medio de producción de energía es que el coste de la materia prima solo representa un 15% del precio final de la energía eléctrica producida, la mayor parte del precio final viene de las infraestructuras y los altos niveles de inversión en mantenimiento. Como la energía nuclear representa un 76,9% de la producción de electricidad en Francia (grafico a continuación, curva roja), el impacto de los cambios de precios de los materiales fósiles serían menores que los de una economía utilizando únicamente energías fósiles.



**Figure 3 : Segmentación de los medios de producción de energía eléctrica.**

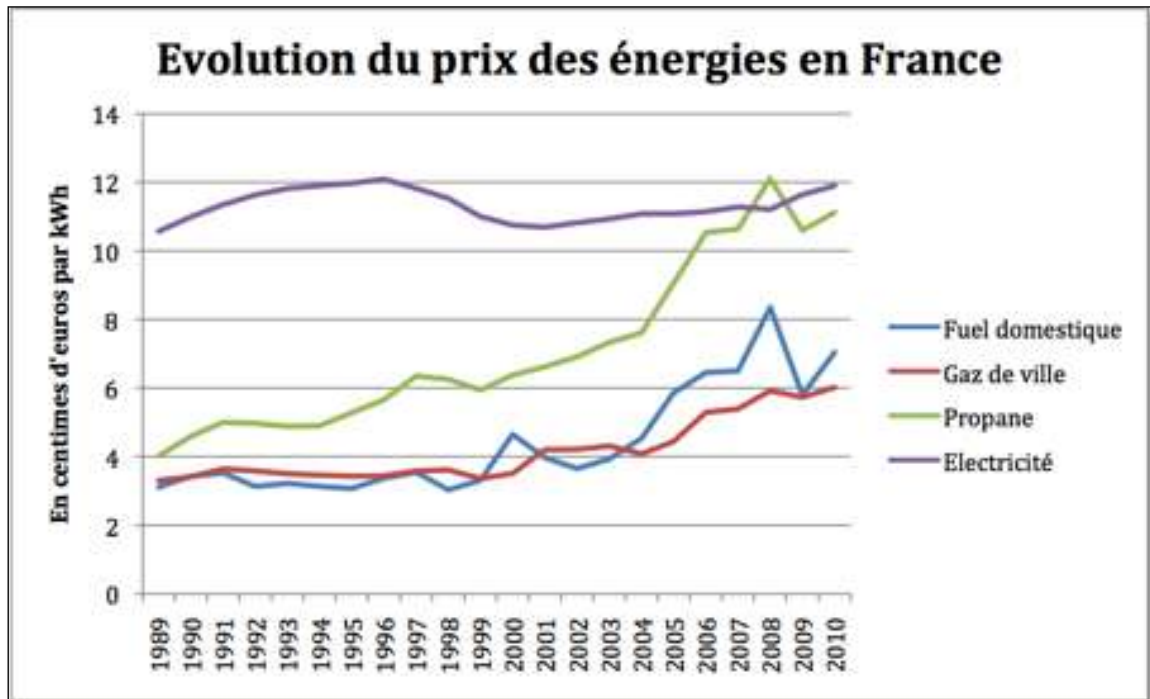
De otro lado después del incidente de Fukushima los requerimientos exigidos por las agencias internacional y nacional de reglamentación nuclear aumentan de manera importante las inversiones para la seguridad y por eso el precio del kWh a la salida del reactor también sube. Se habla de unos 20 000 millones de euros de modificaciones en las centrales nucleares solo para la próxima década.

Además la situación geopolítica en el medio oriente y las relaciones tendidas entre Francia y Irán (segundo exportador de petróleo), por ejemplo, hacen crecer el precio de compra de sus materias fósiles.

Si la tendencia general en el mundo es el calentamiento, Francia ha vivido unos años bastante fríos y con eso la utilización máxima de sus capacidades de producción un tiempo más largo que los años anteriores así que el productor EDF tuvo que arrancar centrales de carbón y de petróleo de socorro y comprar electricidad de todos sus vecinos, lo que cuesta mucho más que la producción continua de centrales nucleares.

Otro factor que se debe tener en cuenta es que la empresa que produce 98% de la potencia eléctrica en Francia (EDF) pertenece al estado. Así el estado tiene una influencia importante en la variación de precios que tienen que ser propuesto por la empresa y aceptado por el ministerio de la industria es decir por el gobierno.

El precio de las energías domésticas en Francia está descrito en violeta en el grafico a continuación:



**Figure 4 : Evolución de los precios de las energías en Francia.**

En morado se puede ver la electricidad. El crecimiento actual va a aumentar con la mayor tensión en los mercados de compra de materias primas y por las razones explicadas antes.

## 2.2 Análisis del entorno económico mundial y de las estrategias energéticas actual.

### *2.2.1 Historia de las revoluciones industriales.*

En la mayoría de los casos es más fácil intentar predecir los acontecimientos futuros mirando al pasado que leer en el presente las tendencias. Es el razonamiento que hizo Jeremy Rifkin, profesor de economía en el MBA de la Wharton School. Este especialista de las



energías aconseja a muchos países europeos sobre su elección en cuanto a las energías verdes y ayudó por ejemplo a Alemania a encontrar el hilo conductor que fundaba su estrategia energética por los años venideros.

Su teoría está basada en el principio cíclico de las revoluciones industriales. Así para encontrar un hilo conductor hay primero que entender que las grandes transformaciones económicas de la historia se producen cuando una nueva tecnología de comunicación converge con un nuevo sistema energético. Las nuevas formas de comunicación dan la capacidad de organizar y de administrar las civilizaciones más complejas que hacen posibles las nuevas fuentes de energía. La infraestructura emergente reduce entonces a la vez el tiempo y el espacio: crea así entre las personas y los mercados unos lazos económicos más diversificados. Una vez este el sistema puesto en marcha, la actividad económica progresa a lo largo de una curva clásica, que sube, alcanza un pico y luego vuelve a bajar.

La infraestructura de la que hablamos no es un conjunto estático de elementos de base que constituirían una especie de fundaciones fijas de la actividad económica. Se trata mucho más de una relación orgánica entre tecnologías de comunicaciones y fuentes de energía que juntos crean una economía viva.

El primer ejemplo de infraestructura se desarrolló en torno a la máquina de vapor durante la primera revolución industrial. Primero la prensa cilíndrica accionada por vapor y más adelante la rotativa aumentaron considerablemente la velocidad de impresión y redujeron mucho sus costes. Esta proliferación de los impresos en Europa y en los Estados Unidos animó fuertemente la alfabetización de la gente por primera vez en la historia. Añadido a esto la creación de la escuela pública entre 1830 y 1890, contribuyó a crear una mano de obra apta a organizarse en la economía del ferrocarril y del carbón.

La segunda infraestructura notable vio la luz gracias a la convergencia de la comunicación eléctrica y del motor de gasolina. La electrificación de las fábricas hizo posible la producción en línea, y empezar la producción en serie de automóvil. Henry Ford con su modelo de "Ford T" revolucionó completamente las indicaciones espaciales y temporales que son todavía hoy las nuestras.

La aparición de transporte de material y de personas que se apoyaban en el petróleo desarrollaron los intercambios internacionales mejor conocidos bajo el nombre de "globalización". Esta modificación del mundo

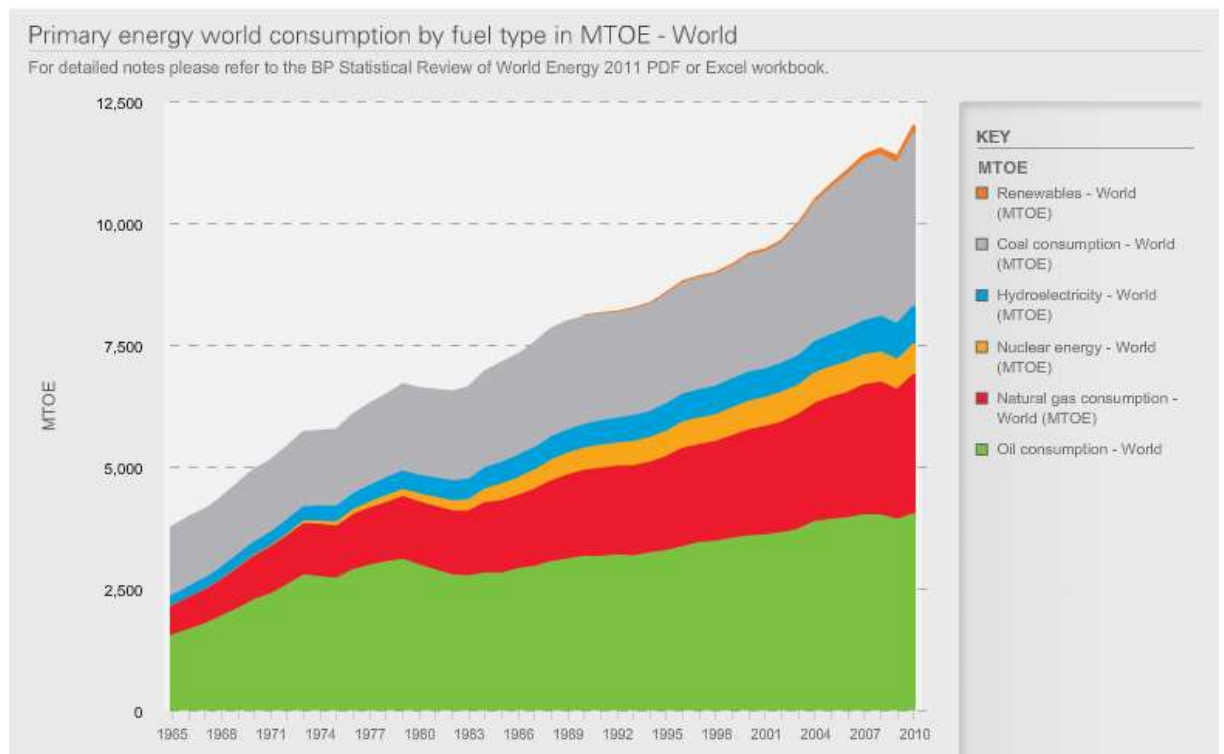
también se acompañó de la puesta en marcha de gigantes del sector petrolero que controlan desde la extracción de carburante hasta su distribución.

La correlación hoy en día evidente entre salud de la economía y la energía nos hace intentar predecir la evolución del precio y del consumo de las energías para los próximos años. Es en efecto impensable invertir en un medio de producción limpia de electricidad con los tiempos de vuelta sobre inversión a más de diez años si no tenemos ninguna visibilidad del precio de las energías para los próximos años. Para hacerlo, me he apoyado en las previsiones de la empresa BP que publica cada año un informe sobre la evolución de las reservas y del consumo energético así como las previsiones basadas en hipótesis razonables para los 20 próximos años.

### ***2.2.2 Situación actual del mercado de las energías.***

El consumo mundial de energía en 2010 creció en un 5.6 % respecto al año 2009, es el crecimiento más alto desde 1973!

Mientras el consumo de las economías emergentes tiene un crecimiento muy rápido, los países de la OCDE también han crecido por encima del consumo medio. A escala mundial, el consumo de energía creció más rápidamente que la economía. Esos datos implican que emisiones mundiales de dióxido de carbono que vienen del consumo de combustible fósil también habrían crecido fuertemente el año pasado.



**Figure 5: Evolución de la consumición de la energía mundial.**

Este grafico muestra por lado el gran aumento de la consumo de materias primas pero también el peso de cada energía. La tendencia general muestra que las extracciones de materias que tienen el mayor crecimiento son las de gas natural y carbón.

#### 2.2.2.1 Petróleo.

Después dos años a la baja, debido a la crisis, el consumo de petróleo mundial ha crecido de un 3.1 % hasta alcanzar el nivel de consumición más importante: 87.4 millones de barril/día, es el aumento más grande en porcentaje desde 2004. Por otro lado es también en crecimiento más débil de todos los combustibles fósiles. El consumo de los países de la OCDE creció en un 0.9 %, la primera subida desde 2005. Fuera de la OCDE, el crecimiento del consumo es de un 5.5 %. El crecimiento permaneció robusto en países como China (+10,4%) y otros de Medio Oriente.

La producción petrolífera mundial solo aumentó en un 2.2 %, un crecimiento menor que el consumo!

#### 2.2.2.2 Gas Natural.

El consumo de gas natural mundial creció un 7.4 % (el aumento más rápido desde 1984). El crecimiento de consumo estaba por encima de la media en todas las regiones salvo el Medio Oriente. Estados Unidos tuvo el aumento más grande del consumo (en términos volumétricos, +5,6%). Rusia y China también registraron aumentos grandes (los aumentos

volumétricos más grandes de la historia de cada país). El consumo en otros países asiáticos también creció rápidamente (aumento en un 21.5 % en India).

#### 2.2.2.3 Carbón.

Este medio de producción de energía es uno de los más baratos y que necesita la menor tecnología así que es una de las materias primas más utilizada en los países desarrollados. Por ejemplo hoy en día, China consume un 20,3% de la energía mundial producida pero utiliza un 48,2% del carbón extraído mientras que en el mundo, el carbón representa solo un 29,6% de la producción de energía.

#### 2.2.2.4 Hidroelectricidad

La producción hidroeléctrica creció en un 5.3 %, este aumento es el más fuerte desde 2004. Este fuerte crecimiento para una energía que necesita tantas inversiones iniciales es mayormente debido a China (más del 60 % del crecimiento mundial). Este crecimiento en China se explica por una combinación de nuevas unidades de producción y de altos niveles de lluvia este año.

#### 2.2.2.5 Nuclear

La producción nuclear creció en un 2 % el mayor desarrollo desde 2004, los tres cuartos del aumento vienen de países de la OCDE. La producción francesa alcanza un aumento del 4,4%, es el aumento volumétrico más grande del mundo.

#### 2.2.2.6 Energías Renovables

Otras fuentes de energía renovable siguieron creciendo rápidamente. La producción de bio-carburantes mundial en 2010 creció en un 13.8 %. Estados Unidos condujo el crecimiento (+17 %) con Brasil (+11.5 %).

Las energías renovables de generación de potencia crecieron un 15.5 %, la energía eólica (el +22.7 %) tuvo el mayor aumento, debido al importante desarrollo de esa energía en China. Con los Estados Unidos, representan un 70% del crecimiento mundial.

Las energías renovables representan un 1.8 % del consumo de energía mundial, muy por encima del 0.6 % que representaba en 2000.

Al final sí parece bastante claro que el consumo de unos medios energéticos crece más rápidamente que otros, se puede también ver que el crecimiento muy fuerte de unas economías como China o India impide la bajada del consumo de ninguna energía. Se nota también que el

crecimiento de las energías renovables es bastante débil si lo comparamos a los volúmenes de las otras energías.

### ***2.2.3 Evolución de los precios de los medios energéticos.***

Vamos después a tratar de relacionar la evolución de las consumiciones con la evolución de los precios de los diferentes medios energéticos.

Sin embargo, el método de fijación de los precios de la energía depende de sus características. Así los precios del petróleo aumentaron a escala mundial, mientras que los precios gas natural y de carbón variaron por región. Vamos a describir rápidamente las variaciones de esos precios que impactan directamente en la utilización de los tipos de energía de nuestro proyecto.

#### ***2.2.3.1 Petróleo.***

El petróleo vio el más débil crecimiento de consumo entre los combustibles fósiles el año pasado. Los recortes de producción de Organización de los Países Exportadores de Petróleo, instituidos durante la recesión global, permanecieron en vigor a lo largo del año y los aumentos de producción no eran suficientes para evitar mayores precios ante la fuerte recuperación del consumo.

El Brent alcanzo los 79.50 dólares por barril en 2010, un aumento de un 29% después de 2009, pero todavía casi 18 dólares por barril debajo del nivel registrado en julio 2008 (147\$).

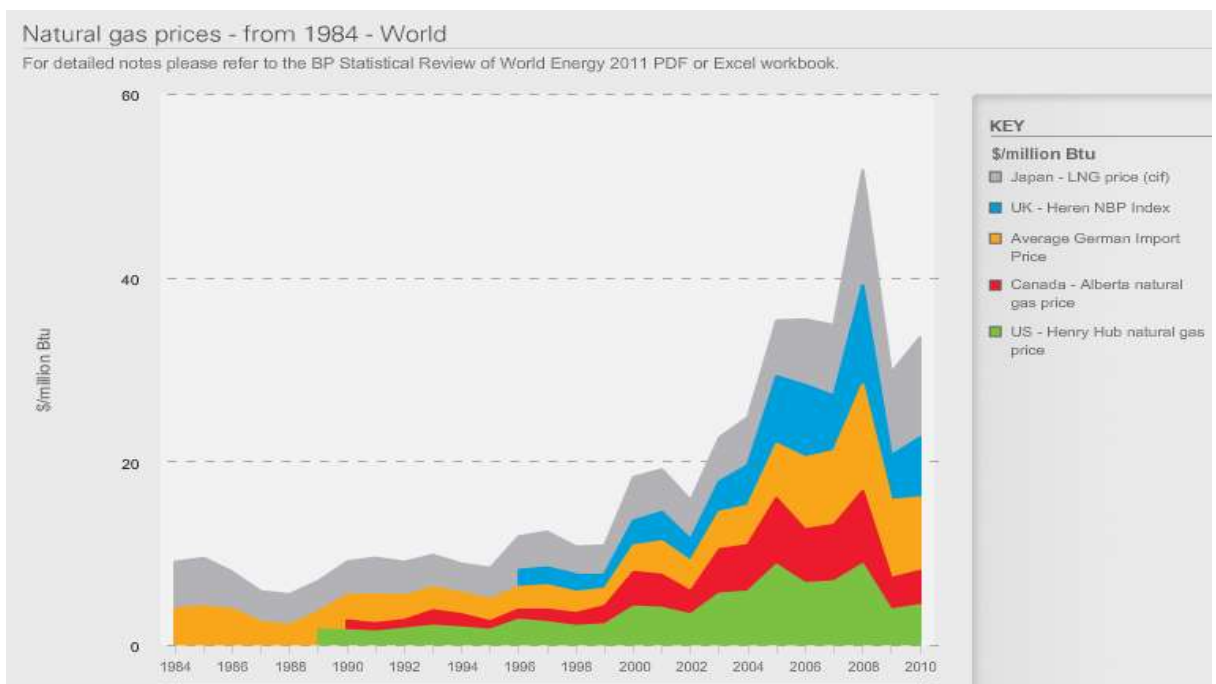
Podemos añadir que hoy esta cifra varía alrededor de los 120 dólares en abril 2012 y a medio plazo el precio no va a dejar de aumentar.



**Figure 6: Evolución del precio del barril de petróleo.**

### 2.2.3.2 Gas natural.

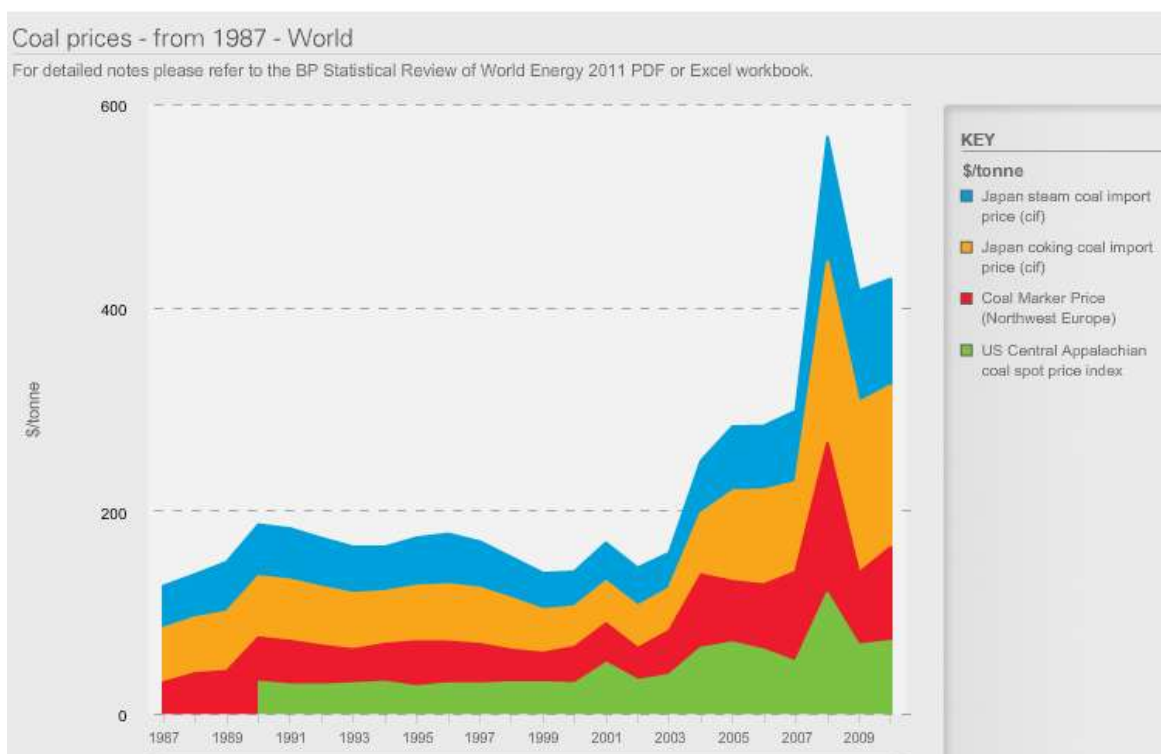
Los precios del gas natural permanecieron bajos en Norteamérica (donde la producción de gases de pizarra siguió subiendo) y estaba sobre el promedio más bajo en Europa continental, en parte debido a cambios de disposiciones de acción de poner el precio contractuales.



**Figure 7: Evolución del precio del gas natural en 5 sitios del mundo.**

### 2.2.3.3 Carbón.

El precio de esta materia prima tiene una fuerte dependencia geográfica. Debido a su estado sólido es más complicado y costoso de transportar (tiene un poder calorífico másico menor que el gas o el petróleo). Por eso en el gráfico abajo, las curvas dependen mucho del sitio pero las tendencias son casi las mismas. Aquí se compara el precio en Japón, importante importador y en los Estados Unidos, consumidor pero productor también.



**Figure 8 : Evolución del precio del carbón en 5 sitios del mundo.**

### 2.2.4 *Análisis de la esos datos.*

En julio del año 2008, la economía global se ha estancado. Este gigantesco terremoto económico marcó el inicio del fin de la era de los combustibles fósiles. El colapso del mercado financiero, sesenta días después, fue la respuesta.

¿Por qué hablar del final de la era del petróleo? Si nos fijamos en las cifras de la Agencia Internacional de Energía (AIE, World Energy Outlook

2010), la producción de petróleo en los Estados Unidos sobre alcanzó su máximo en 1970. Así que durante casi 40 años, los geólogos han discutido de la fecha en que llegaría el máximo de la producción mundial de petróleo. Los optimistas consideran el período 2025-2035, mientras que los pesimistas entre 2010 y 2020. Sin embargo, según la AIE, este pico se alcanzó en 2006 a 70 millones de barriles por día. Así, es necesario pensar en las inversiones para mantener esta capacidad. Esto la AIE lo evalúa a 8 000 millones de euros para los próximos 25 años.

El pico de producción no es el mejor indicador para contemplar una evolución del precio del petróleo porque el precio mundial del barril de Brent, la referencia, está sometido a la ley de la oferta y demanda. Lo que crea la tensión en los mercados de intercambio, no es la disminución débil de producción sino mucho más el aumento de la población mundial y más particularmente el acceso de una nueva población al consumo energético. Pues es mucho más instructivo de considerar el pico de petróleo por habitante. Este pico apareció en 1979. Porque aunque descubrimos petróleo y nuevos medios de explotarlo, la población mundial aumenta mucho más rápidamente. Para cada barril de petróleo descubierto por los geólogos, consumimos 3,5 barriles.

En efecto, cuando las economías china e india despegaron, en los años 1990 y los primeros años 2000, con tasas de crecimiento del 9,6 % para la India y del 14,2 % para China en 2007, hicieron entrar a un tercio de la población mundial en la era del petróleo. Esta sed de energía condujo a un aumento del precio del petróleo sin precedente hasta 147 dólares el barril en julio 2008.

Los efectos económicos fueron desastrosos, la factura energética de los países estalló pasando, para los 34 países de la OCDE, de 200 hasta 790 mil millones de euros. Solo para la Unión Europea, el aumento es igual al déficit acumulado de Portugal y Grecia, 79 mil millones de dólares.

Si hoy los cursos han vuelto a bajar hasta niveles alto, pero más asequibles, corren peligro de subir de nuevo rápidamente hacia 150 dólares o más si la producción económica total todavía acelera al mismo ritmo. Percibimos en Europa la subida significativa de precios del barril que impacta directamente los precios de una multitud de productos de consumo corriente pero también servicios que traen una nueva subida de estos precios.



Desgraciadamente este alza de los precios no es únicamente debida a una baja de producción y un aumento de población sino también a la situación geopolítica inestable en el Medio Oriente.

Para resumir, cada día nos dirigimos hacia un barril más caro. Existen muchos factores que hacen subir el precio como lo hemos visto pero no existe ni un solo factor que traiga una baja a largo plazo, por ejemplo en las empresas el coste de producción de un mismo producto a lo largo de los años baja normalmente. En el sector de la energía, esos costes suben, porque cada día los gigantes de la energía tienen que perforar más profundo, por ejemplo, para encontrar un petróleo, que además; es de menor calidad!

### ***2.2.5 Existe una fuerte relación entre precio de la energía y salud de la economía.***

Como hemos visto, la ola mundial de compra y el crecimiento espectacular de la producción total que lo acompañó hicieron aumentar la demanda de petróleo mientras que la oferta no dejaba de disminuir, de ahí a una subida abrupta de los costes del crudo sobre el mercado mundial. La aceleración muy viva de esta subida puso en marcha una subida general de los precios en toda la cadena de la oferta: tocó todos los productos, de los cereales hasta la gasolina, y acabó por provocar un hundimiento mundial del poder adquisitivo cuando el petróleo alcanzó récords en julio de 2008. Sesenta días más tarde, la comunidad bancaria, asfixiada por los préstamos no reembolsados, cerró el grifo del crédito; la Bolsa se hundió y la mundialización se paró.

Estos dos fenómenos de subida del petróleo y crack bursátil pues están íntimamente atados. Es importante mostrar que otra dimensión, a menudo olvidada por los economistas depende de estos dos primeros fenómenos: la factura ecológica.

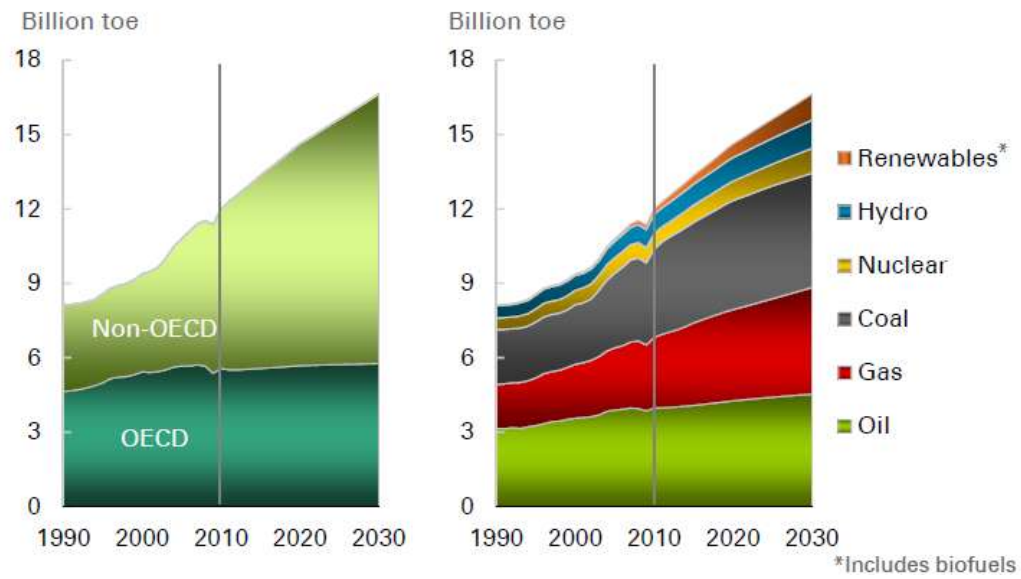
### ***2.2.6 La factura/deuda ecológica.***

Esta factura es asimilable a una deuda que no deja de acumularse porque el ecosistema no es capaz de asimilar tanto CO<sub>2</sub> y otros constituyentes que contribuyen al efecto invernadero. Durante doscientos años hemos quemado carbón y petróleo y la tasa de CO<sub>2</sub> ha contribuido a impedir que el calor solar deje el planeta. Esta amenaza sobre el planeta

es admitida por una gran mayoría de los especialistas. Un informe de la ONU cuenta con un aumento de 3°C al final del siglo. Sin embargo una variación de 1,5 a 3,5°C corresponde a una extinción de la vida entre el 20 y 70 % (Bilan 2007 des changements climatiques : rapport de synthèse, par le GIEC). En 450 millones de años la tierra sufrió 5 extinciones biológicas. Después de cada una hizo falta cerca de diez millones de años para recobrar la biodiversidad perdida. Lo que preocupa cuanto más a los científicos no es el impedimento del calor que hay que sacar sino la retroacción positiva. Así por ejemplo cuando las subidas de temperatura tienen por efecto un deshielo de Árticas, su fundición impide al calor dejar la tierra porque la disminución del abrigo nevoso es una pérdida de capacidad reflejante de la tierra!

Si esta comprobación ahora es ampliamente adoptada, cuando la Unión Europea fue a las negociaciones sobre el clima de Copenhague con la propuesta que los países del mundo techan las emisiones mundiales de dióxido de carbono hasta 450 partículas por millones en 2050 con la esperanza de limitar a 2°C el aumento de temperatura, otros países se negaron. Hay que comprender que una subida de 2°C sería ya catastrófica. Además parece que esta estimación está subestimada. Así el climatólogo en jefe de Gobierno de los Estados Unidos, James Hansen, que dirige el Goddard Institute for Space studies de la NASA, presentó el trabajo de su equipo que demostraba que con la evolución actual, cabía esperar una subida de 6°C al final de siglo!

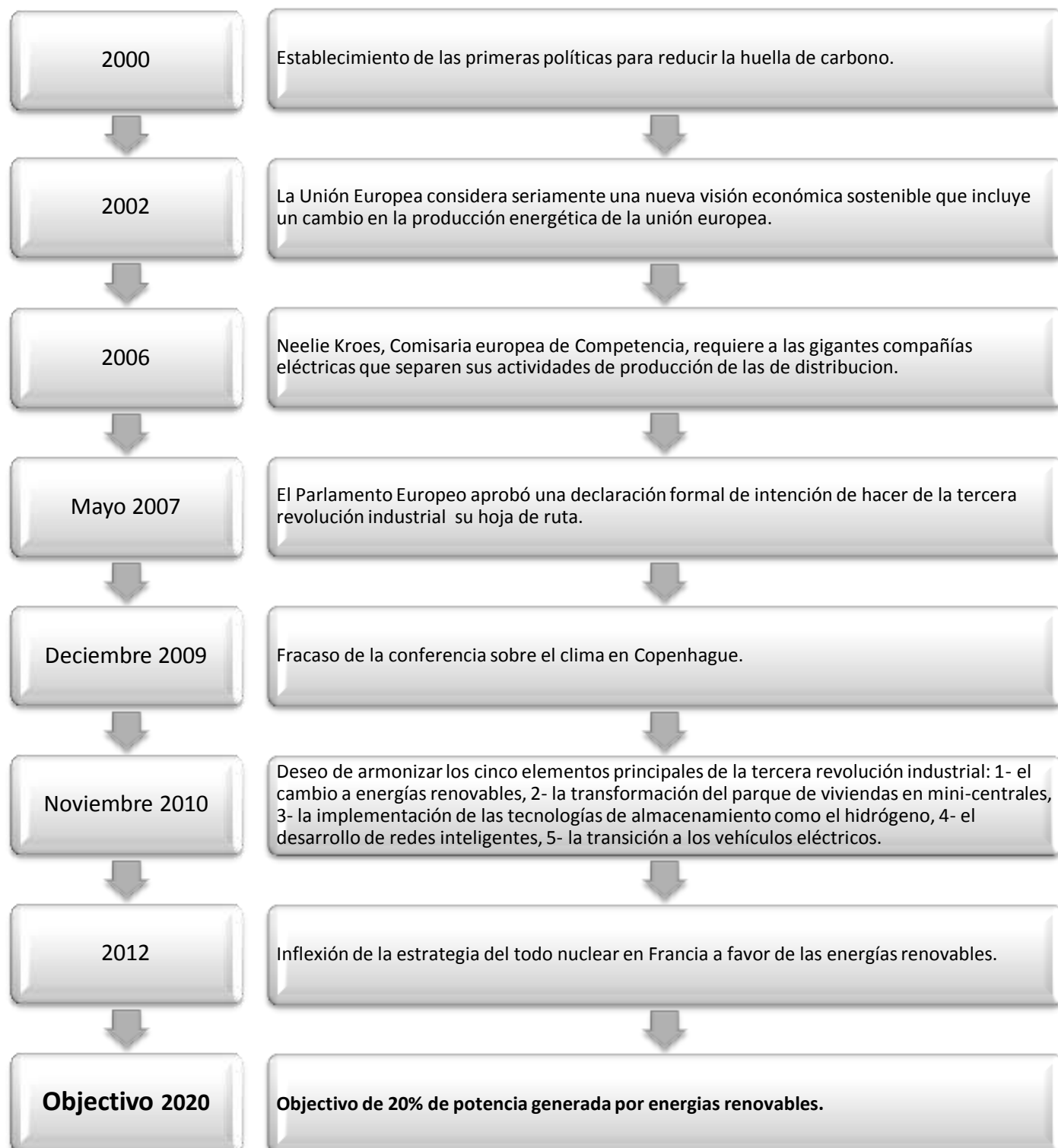
Bastará con añadir a esto que el consumo energético va a ser multiplicado por 2 en los 20 próximos años como lo muestra el gráfico abajo.



**Figure 9 : Evolución de la consumición de energía mundial.**

### ***2.2.7 Objetivos de la política energética europea.***

## Evolución de la estrategia energética de la Unión Europea.



## 2.3 La tercera revolución industrial, una opción para asegurar una transición rápida y verde.

### *2.3.1 Pilar 1: La elección de la energía verde.*

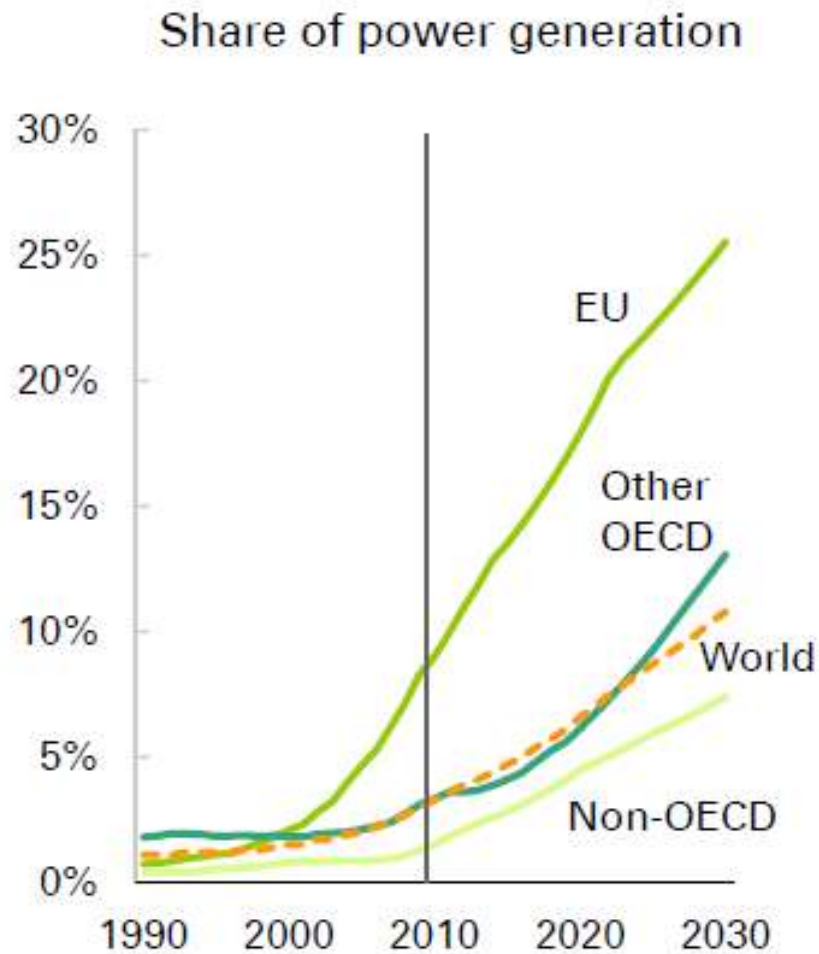
En 2000 y 2001 fue previsto seriamente fijar un objetivo del 20 % de energía renovable en el consumo de energía a partir de 2020. Esta parte de la energía corresponde a la producción del 30 % de la electricidad por fuentes renovables.

Esta transformación se produce mucho más rápidamente de la que los observadores se esperaban, principalmente ayudado por el aumento continuo del precio de las materias fósiles y del Uranio sobre los mercados mundiales. Además hay que añadir a esto los precios de emisión de CO<sub>2</sub>.

En los próximos años, los precios de la electricidad fotovoltaica deberían bajar en un 8 % al año, así **el precio de inversión estará dividido entre dos cada ocho años** (European photovoltaic Industry Association, Solar photovoltaic electricity: A mainstream source power in Europe by 2020). Con un aumento modesto del 5 % de las tarifas de la electricidad que es previsible, consideramos que los costes de producción de la electricidad solar serán igual al precio de venta al detalle de la electricidad sobre la red en 2012. Sin embargo habrá que tener paciencia con el fin de que las industrias puedan obtener un margen y amortizar las inversiones necesarias en las redes y los medios de producción.

Por fin me parece importante insistir en el potencial de esta energía por su presencia local en cualquier parte del mundo, y su potencia: estudios han mostrado que transformar una hora de luz solar representa bastante energía para suministrar al mundo entero durante un año.

En cuanto a la velocidad de instalación actual de los equipos solares y eólicos, esta se dobla cada dos años, un crecimiento comparable a la llegada de los microordenadores personales o de internet. Europa hoy se adelanta mucho al resto del mundo con un 78 % de la potencia total instalada sobre su suelo en 2009. Al contrario de lo que se podría pensar, se instala en Europa más energía eólica que cualquier otra fuente de energía (el 38 % del despliegue total de energía nueva). El sector emplea actualmente cerca de 200 000 asalariados en Europa y produce un 4,8% de su electricidad.



**Figure 10 : Evolución de la parte de producción de energía a partir de medios renovables.**

Como se observa en el gráfico, Europa tiene un liderazgo sólido en la producción de energías renovables debido a un comienzo más temprano de sus inversiones y una política de desarrollo que no existe hoy en los otros países. La presión de los costes energéticos va a forzar los países europeos a invertir más y más en estos medios energéticos y las previsiones de la empresa BP muestran que este crecimiento no va a disminuir.

Según las previsiones, debería abastecer cerca del 17 % de la electricidad sobre el mercado europeo en 2020 para representar finalmente el 35 % de la electricidad producida en 2030. El empleo representará entonces cerca de 500 000 personas.

¡Desde el punto de vista del potencial sobre el planeta, un estudio de la universidad Stanford afirma que explotando el 20 % del viento, se produciría 7 veces la energía que el mundo utiliza hoy!

Las oportunidades aportadas por la biomasa, la hidroelectricidad en micro-centrales y la geotermia serán detalladas más adelante.

En cuanto a la economía, la instalación de tantos otros medios de producción no es neutral, de hecho, un estudio realizado por Pike Research estima que el mercado mundial de estas tecnologías representa 3.7 mil millones de dólares en 2010 y podría llegar a 13,6 mil millones de dólares en 2016 con un cambio gradual de las empresas municipales y del sector privado hacia estas nuevas formas de producción más limpias. En términos de empleo es muy positivo porque si miramos la experiencia alemana, el sector de las energías tradicionales representó 260.000 puestos de trabajo en 2003, pero durante el año 2007 las energías renovables representaron 249,300 puestos de trabajo! Así menos del 10% de la energía genera tanto empleo como todas las otras formas de energía producida. En España es una explosión con más de 188,800 puestos de trabajo y 1027 empresas en el sector de las energías renovables. La economía española ha creado cinco veces más puestos de trabajo en este sector que el de las energías convencionales.

### ***2.3.2 Pilar 2: Una transformación de los edificios.***

Europa ha apostado por las energías verdes en su futuro. Pero cómo recoger energía solar, eólica, hidráulica, geotérmica y de biomasa? Hemos empezado por ir a las zonas donde el sol brilla como el sur de Europa donde se ha construido gigantescos parques solares. Obtener el viento de donde sopla más fuerte, por ejemplo frente a la costa irlandesa.

Las grandes empresas de producción y distribución de electricidad que operan también los combustibles fósiles tienen la costumbre de concentrar los medios de producción en lugares específicos, era obvio que para las energías renovables lo mejor era aplicar este mismo método. Pero alrededor de 2006, algunos actores de la industria han observado que el sol brilla todos los días en toda la tierra, aunque su intensidad varía. El razonamiento se puede repetir para otras fuentes. Por lo tanto, a diferencia de los combustibles fósiles y el uranio que son elitistas, las energías renovables están en todas partes ¿por qué recogerlas sólo en sitios centralizados?

El sector de la construcción, que tiene un peso tan importante en los países europeos (10% del PIB), empezó a involucrarse en este proceso de distribución de la captación de la energía. Por un lado, este sector podría servir como un contrapeso a la presión de grandes empresas energéticas,

pero también tenía una fuerza de impacto en caso de puesta en marcha de grandes proyectos.

Se estima que hay 190 millones edificios en Europa, el impacto del cambio de esos edificios en pequeñas centrales sería enorme (mini paneles solares, turbinas eólicas de pequeña potencia...)

En Arizona, la planta Casa Grande de Frito-Lay es un precursor de la planta moderna con un "consumo neto de cero energía".

Esta sinergia entre el edificio y la generación de energía ha llamado la atención de las empresas más grandes, así en España, en la planta de General Motors, en Aragón, se ha instalado una planta de 10 MW de energía solar, capaz de alimentar 4.600 hogares. Esta inversión se pagará por sí mismo después de 10 años solamente. En Francia, el gigante de la construcción Bouygues construye en la región de París, complejos de edificios y oficinas con una energía positiva es decir que vende energía a la red además de producir su propia energía.

### ***2.3.3 Pilar 3: El almacenamiento.***

Las energías renovables son abundantes y limpias. Esto es lo que nos permite considerar seriamente vivir en un mundo sostenible, pero esa visión también tiene sus problemas. El sol no brilla todos los días, el viento no sopla constantemente, y cuando sopla, a veces no es necesario. La mayoría de las energías renovables son intermitentes, mientras que la energía que se utiliza hoy en día, sobre todo las fósiles, no tienen este problema porque constituyen un almacenamiento disponible a toda hora del día.

Así, parece bastante claro que faltan medios de almacenamiento en el sistema actual de las energías renovables. Imagínese que Europa en el año 2020 llegó a su objetivo del 20% de la producción de energía por la energía renovable, cómo sucedería si una nube bloquea la luz del sol durante varias semanas, en el mismo momento el viento deja de soplar y las reservas hidráulicas están en su nivel más bajo?

Por lo tanto, deben desarrollarse de manera paralela a la producción limpia, tecnologías de almacenamiento. Hay varios medios prometedores como las baterías de flujo continuo, volantes de inercia, bombeo de agua... Sin embargo, es la flexibilidad de almacenamiento de hidrógeno, la que a menudo se considera la mejor esperanza!



De hecho, el hidrógeno es el elemento más ligero y más abundante del universo, y no contiene ningún átomo de carbono. Si lo encontramos en todos lugares de la tierra, nunca se encuentra en forma utilizable. Se puede extraer por ejemplo del petróleo o del gas natural. Pero también se puede extraer del agua con la famosa "electrólisis del agua".

Así, es posible usar los paneles fotovoltaicos u otra fuente de energía renovable para producir la electricidad necesaria para separar el agua en hidrógeno y oxígeno mediante electrólisis. Todo el problema se basa en la viabilidad económica de este sistema.

Es a partir de la observación del potencial de este medio de almacenamiento que las inversiones empezaron: en junio de 2003, la Comisión Europea puso en marcha una iniciativa de investigación de dos mil millones de euros y en 2007 la misma Comisión anunció una asociación público-privada de 7,4 mil millones de euros para pasar de las investigaciones y desarrollos a su despliegue en toda Europa. El hidrogeno está en marcha.

#### ***2.3.4 Pilar 4: Energía e internet.***

Si cada edificio se equipa con una pequeña planta de producción de energía, la red eléctrica existente, construida para suministrar electricidad desde las grandes plantas hasta los consumidores tendría que cambiar, de manera importante, su estructura vertical por una estructura horizontal. La idea de crear una red inteligente es una visión extendida desde la mitad de la década, pero todavía no había sido incluido en una iniciativa oficial de la Unión Europea. IBM, Cisco System, Siemens y General Electric se preparan para entrar en este sector: les gustaría hacer de la red inteligente la nueva carretera del transporte de los electrones. Esta red de energía inteligente impactará casi todos los aspectos de la vida de la gente. Viviendas, oficinas, fábricas y vehículos se comunican entre sí constantemente: van a compartir la información y la energía durante el día. La red inteligente estará conectada en tiempo real a las previsiones del tiempo. La red también puede ajustar la electricidad consumida por los aparatos domésticos: en los momentos de máximo consumo de energía y cuando hay un riesgo de sobrecarga, el software podrá ordenar, por ejemplo, a la lavadora de un particular de pasar de un ciclo de enjuague

para bajar la carga eléctrica de la vivienda y así ahorrar dinero consumiendo electricidad cuando su precio es bajo.

El precio de la electricidad no será fijo sino flotante lo que permitirá una reducción de su precio de producción. No habrá necesidad de arrancar las viejas plantas de carbón o petróleo para hacer frente a los picos de consumo, la eliminación de estos picos será automatizada por el bajo consumoa estas horas debido al alto precio.

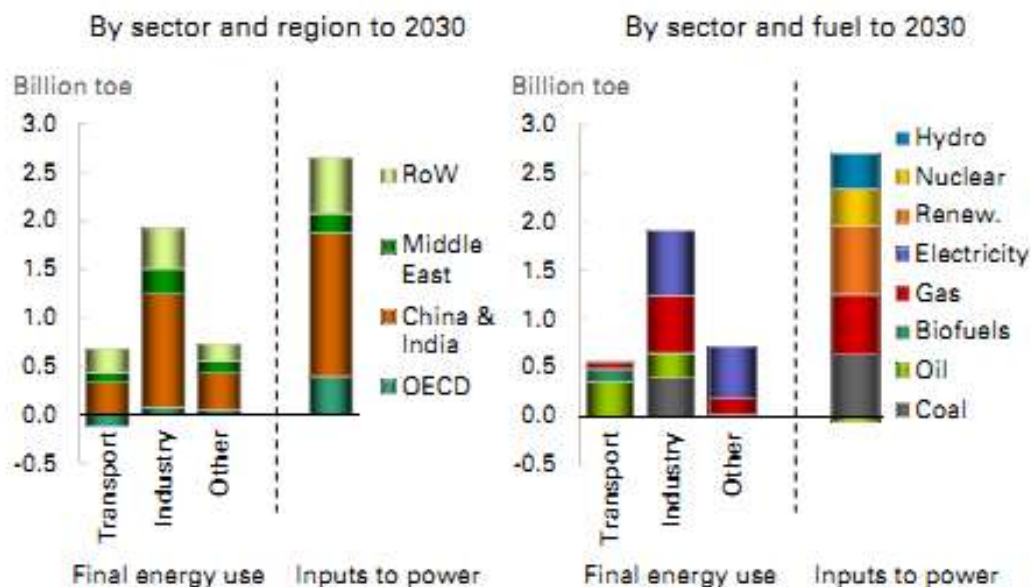
Uno de los principales retos será el establecimiento de dicha red. De hecho, la compañía Cisco Systems está considerando una red "cien o mil veces más grande que la de Internet"! Porque si bien algunos hogares tienen acceso a internet y otros no, todo el mundo tiene acceso a la electricidad en los países desarrollados.

Desde un punto de vista práctico, existen soluciones avanzadas que ahora permiten a las empresas conectar a cientos de miles e incluso millones de pequeños ordenadores personales, el famoso "cloud computing". Cuando se conectan, la capacidad de esta red es mucho mayor que los ordenadores centrales más potentes. Este ejemplo muestra la fuerza de los sistemas de estructura horizontal.

Sin embargo, es importante tener en cuenta que este cambio en la red sólo se puede hacer con enormes inversiones. Un documento de la Unión Europea da la cifra de 1 000 millones de euros en veinte años!

### ***2.3.5 Pilar 5: Los transportes eléctricos.***

Hablamos mucho de la electricidad, pero debemos ser conscientes de que el 20% de los materiales fósiles se utilizan para el transporte de mercancías o personas por lo que si una reducción se puede hacer directamente con un esfuerzo en la producción de electricidad mediante paneles solares o viento, también hay que considerar todos los vehículos y más generalmente el transporte. El grafico a continuacion describe la relación entre sector de consumo de energía, región y tipo de energía consumida.



**Figure 11: Previsión de crecimiento y de su composición.**

La conversión de edificios en mini-planta de energía, establece la infraestructura necesaria para recargar electricidad en vehículos y las células de combustible de hidrógeno. Los primeros vehículos totalmente eléctricos construidos en línea salieron de la planta en 2011. Estas salidas son el resultado de una inversión muy grande (\$ 2,4 mil millones de inversión en la investigación de Estados Unidos y con 7.500 dólares de ayuda por cada compra de un vehículo eléctrico). También en los últimos doce meses, los principales fabricantes de automóviles han firmado acuerdos con los principales servicios públicos de producción y distribución de electricidad para poner en práctica nuevas infraestructuras de transporte de energía eléctrica para el siglo que viene (General Motors trabaja con Con Edison, RWE y Daimler, Toyota y EDF ...) Además algunas pequeñas empresas como AeroVironnement, Coulomb Technologies y ECotality ya han entrado en el mercado de las estaciones de carga para vehículos eléctricos.

El coste estimado de una estación de carga personal está cerca de 1.000€, bastante pequeño si lo comparamos con el precio del coche. Una previsión interesante es que aproximadamente el 75% de los kilómetros recorridos por los vehículos ligeros en el año 2040 lo serán eléctricamente.

Esta transformación del mundo del automóvil ofrece muchas oportunidades. Los coches están generalmente estacionados el 96% del tiempo, durante este tiempo pueden ser conectados a la red por un hilo o la nueva tecnología de recarga por inducción. Si tenemos en cuenta una

flota de vehículos totalmente eléctricos y de pila de combustible de hidrógeno, la capacidad de almacenamiento será 4 veces la capacidad de almacenamiento de la red eléctrica existente. Así que si el 25% de los vehículos revendieran energía a la red cuando el precio es alto, ellos permitirían suministrar la energía que falta y reemplazarían a todas las plantas de energía convencionales que se tiene que arrancar para unas horas durante los picos! (A.B.Lovins et B.D.Williams, « From fuel cells to a Hydrogen-Based Economy » ; Public Utilities Fortnightly, nº25, 2000 p552).

El cambio a vehículos eléctricos es una cuestión de rapidez del desarrollo de la estructura que tiene que adaptarse. Los coches eléctricos tienen muchas ventajas para el futuro: no hay emisiones de CO<sub>2</sub>, tienen una autonomía cada vez mayor (alrededor de 400 km para la Chevrolet Volt), una recarga cada vez más rápida de carga alrededor del 70% de su capacidad total en una hora...

### ***2.3.6 Existe un futuro para esa revolución.***

El cambio de sistema de producción y de transporte de la energía que Jeremy Rifkin ha llamado tercera revolución industrial no tiene un éxito seguro. Pero ese sistema que ha elegido Alemania, el país que tiene una visión más vanguardista en Europa y que es también la zona mundial más adelantada en el desarrollo de las tecnologías de las energías renovables.

Pero esta elección tiene un mayor riesgo para Alemania que es aislarse del resto de Europa debido al funcionamiento en comunidad de la tercera revolución necesita tener un número importante de personas implicadas para que si no hay sol en una región personas de otra región les suministran la energía necesaria, anulando así el problema de la no-regularidad de la producción de las energías renovables.

Si el éxito depende de la implicación de otros países en la tercera revolución industrial, este depende también de factores internos como la realización técnica de medios de almacenamiento y más generalmente la compleción simultánea de los cinco pilares que hemos descrito antes.

La aplicación de esa revolución industrial a Francia no se podría hacer sin cambios debido a la particularidad de la importancia del nuclear en la producción eléctrica nacional. Así la teoría de Jean Marc Jeancovici basada en el desarrollo de la energía nuclear como medio intermediario permitiendo a las energías renovables de alcanzar una mejor madurez antes de utilizarlas masivamente se opone a la de Jeremy Rifkin pero lo

cierto es que un gigante de Europa ha elegido la de Jeremy Rifkin mientras que nadie hoy en día piensa en aumentar la parte de nuclear si ya está desarrollado como en Francia.

### **3 ANÁLISIS DE LA VIVIENDA**

#### **3.1 Realización de planos**

La vivienda fue construida en los años 1750. Así el tipo de construcción es basado en piedra de granito. La fecha de construcción también tiene una influencia importante en el espesor de las paredes, que varía entre 1 metro y medio metro.

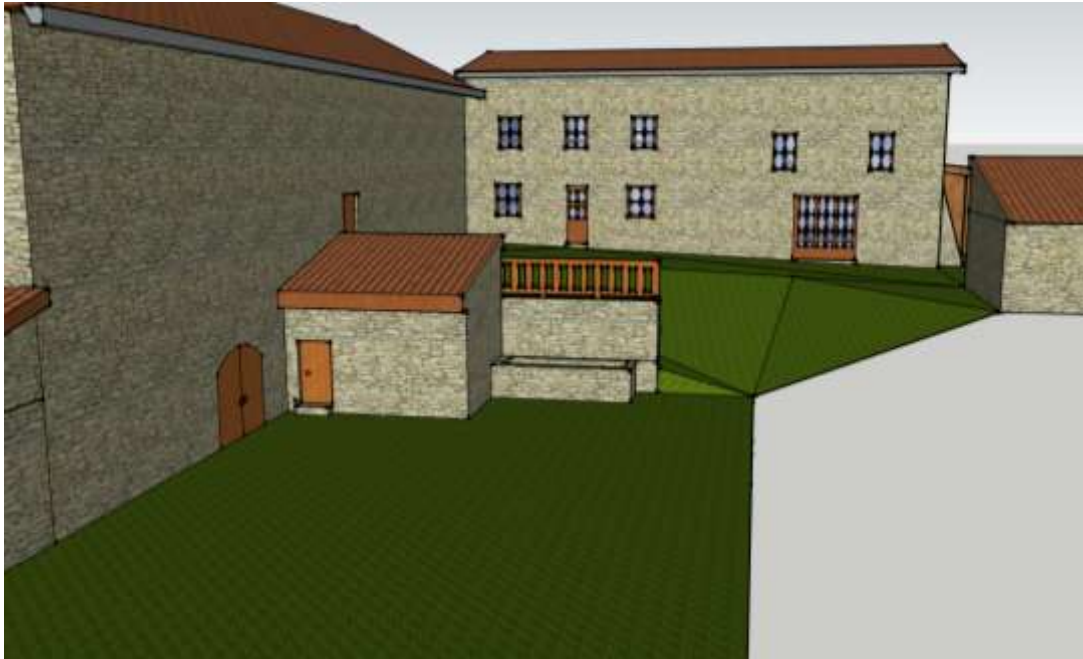


**Figure 12: Fotografía de la casa estudiada.**

El techo está hecho de tejas, entramado de madera y fue sobredimensionado por el extra peso de varios pies de nieve que debe soportar durante el invierno (puede ser de varias toneladas). Las vigas originales del techo han sido modificadas para construir habitaciones abajo del

techo. Durante las obras, la insolación del techo también ha sido renovada (10cm de aislamiento).

Vamos a utilizar el software Google Sketchup para hacer los planos 3D. Así tendremos una visión 3D y se calculará fácilmente las dimensiones para los planos de la envolvente de la vivienda.



**Figure 13 : Reconstitution en 3D de la casa estudiada.**

### 3.2 Definición de la envolvente térmica y cerramientos.

A partir de estos planos podemos con el mismo software definir la envolvente térmica del edificio.





Figure 14: Definición del envolvente de la casa.

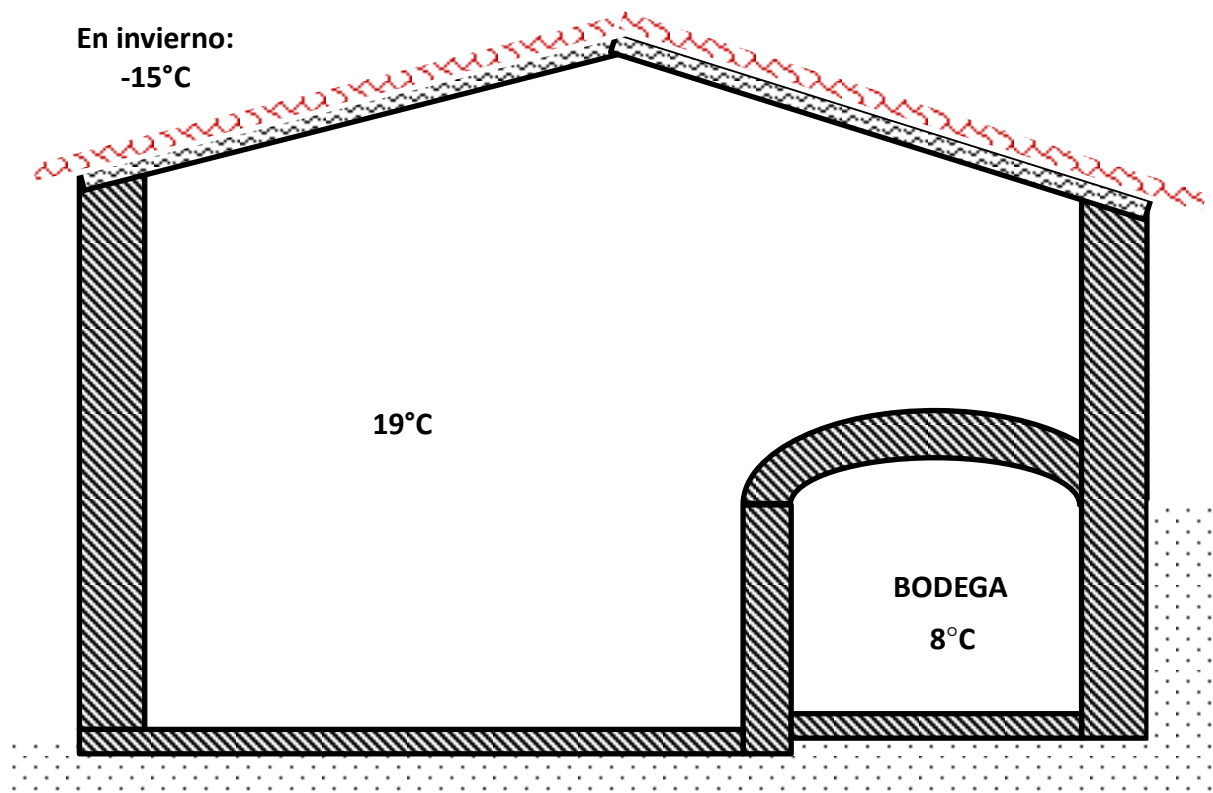


Figure 15: Esquema del envolvente de la casa con las temperaturas de cálculo.

### 3.3 Cálculos de las pérdidas en invierno.

La vivienda solo utiliza el calentamiento y no utiliza un sistema de refrigeración. Este hecho simplifica mucho el cálculo de las cargas térmicas porque solo se debe tener en cuenta las cargas de transmisión y las de infiltraciones.

Las cargas por radiación resultan ser una ganancia en invierno y además las superficies de ventanas son pequeñas si las comparamos a las de los muros.

Las cargas internas, es decir de los aparatos electrodomésticos y las personas son también suponen una ganancia. A eso podemos también añadir que los muros son muy espesos y por eso la inercia térmica es muy importante por lo cual una regulación específica no es necesaria. Para concluir si comparamos la potencia producida por las 5 personas que viven en tiempo normal en la vivienda ( $=5 \times 100 \text{ W}$ ) y la potencia eléctrica total instalada para calentar la vivienda en uno o dos días ( $=21 \text{ kW}$ ). Así la depreciación de esas dos fuentes de energía es evidente.

#### 3.3.1 *Calculo de las superficies.*

Superficies (m <sup>2</sup> )							
	tipo	superficie	espesor		tipo	superficie	espesor
<b>fachada</b>	muros	107	0,6 doble vidrio	<b>Detrás</b>	muros	55	0,6
	muros/tierra	0			muros/tierra	52	
	ventanas	10,5			ventanas	1,5	doble vidrio
	puertas	7,75			puertas	0	
<b>Lado derecho</b>	muros	67	0,6 doble vidrio	<b>Lado izquierdo</b>	muros	46	0,6
	muros/tierra	0			muros/tierra	21	
	ventanas	0,2826			ventanas	0	doble vidrio
	puertas	2			puertas	0	
<b>Techo</b>	Tejas	178		<b>Suelo</b>	de madera	99	
					de hormigón	71	

<b>TOTAL</b>		Superficie	Espesor
	Muros	275	0,6



	Ventanas	12,2826	doble vidrio
	Puertas	9,75	doble vidrio

### 3.3.2 Cálculo de las resistencias térmicas de las paredes.

Tabla de cálculo de “1/he + 1/hi”:

Sentido de transmisión de calor	Hasta el exterior (W/m²K)	Hasta un local calentado (W/m²K)
Muro (Horizontal)	0,17	0,22
Techo	0,14	0,18
Suelo	0,22	0,34

La resistencia térmica K se calcula como a continuación:

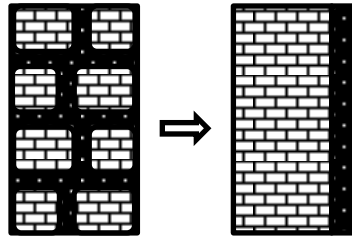
$$\frac{1}{K} = \frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_i} + \frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + \frac{e_3}{\lambda_3}$$

Los índices 1,2 y 3 corresponden a los tres materiales de espesor  $e_1, e_2, e_3$  que constituyen la pared en serie.

Tabla de las resistencias térmicas  $\lambda$ :

Tipo de material	Espesor (m)	Conductividad térmica $\lambda$ (W/mK)
Hormigón	0,1	0,06
Piedra (granito)	0,5	0,14
Aislante	0,1	2,44

Los muros de piedra se componen de piedra y de hormigón. Para simplificar el modelo teórico de transmisión de calor vamos a separar el muro de 60cm en dos partes, una de piedra de 50cm y otra de 10cm de hormigón como en el gráfico abajo.



**Figure 16 : Simplificación del muro para el modelo teórico.**

Con la fórmula calculamos la resistencia térmica K.

Tipo pared	de K (W/m <sup>2</sup> °C)
Muro	0,184
Techo	0,985
Suelo	0,192

### 3.3.3 Selección del parámetro "t".

El parámetro "t" permite de tener en cuenta las partes de la casa que no están en contacto con el exterior pero tampoco en contacto con un local calefactado.

La bodega de la casa no está calefactada y está por debajo del nivel de la tierra como lo muestra el esquema de la casa.

Utilizamos también el coeficiente K del suelo: 0,192 para elegir el valor correcto de "t".

Tipo de local	t
Bodega por debajo de la tierra con poca ventilación	0,55

### 3.3.4 Cálculo de las pérdidas por conducción.

Perdidas por los muros no en contacto con la bodega.

Muros	
K	0,184 W/m <sup>2</sup> °C
S	235 m <sup>2</sup>

$$D_{muros} = K_{muros} * S_{muros} = 43 \text{ W/}^{\circ}\text{C}$$

Perdidas por los muros en contacto con la bodega:

<b>Muros en contacto con la bodega.</b>	
<b>K 2</b>	0,184 W/m <sup>2</sup> °C
<b>S 2</b>	40 m <sup>2</sup>
<b>t</b>	0,55

$$D_{muros2} = t * K_{muros2} * S_{muros2} = 4 \text{ W/}^{\circ}\text{C}$$

Perdidas por el techo:

<b>Techo.</b>	
<b>K</b>	0,985 W/m <sup>2</sup> °C
<b>S</b>	178 m <sup>2</sup>

$$D_{techo} = K_{techo} * S_{techo} = 175 \text{ W/}^{\circ}\text{C}$$

Perdidas por el suelo:

<b>Suelo.</b>	
<b>K</b>	0,192 W/m <sup>2</sup> °C
<b>S</b>	170 m <sup>2</sup>

$$D_{suelo} = K_{suelo} * S_{suelo} = 32 \text{ W/}^{\circ}\text{C}$$

Perdidas por las ventanas:

Sacamos el coeficiente K para las ventanas de la tabla (Anexo 1).

<b>Ventanas.</b>	
<b>K</b>	2,6 W/m <sup>2</sup> °C

<b>S</b>	12 m <sup>2</sup>
----------	-------------------

$$D_{ventanas} = K_{ventanas} * S_{ventanas} = 31 \text{ W/}^{\circ}\text{C}$$

### Perdidas por las puertas:

Sacamos el coeficiente K para las puertas de la tabla (Anexo 1).

<b>Puertas.</b>	
<b>K</b>	4,5 W/m <sup>2</sup> °C
<b>S</b>	10 m <sup>2</sup>

$$D_{puertas} = K_{puertas} * S_{puertas} = 45 \text{ W/}^{\circ}\text{C}$$

Calculamos la potencia a producir para anular las perdidas.

Elegimos una temperatura interna de 19°C si la temperatura exterior baja hasta -15°C.

$$Q = \sum D * (T_{int} - T_{ext})$$

$$Q_{CONDUCCION} = (D_{puertas} + D_{ventanas} + D_{suelo} + D_{muros} + D_{muros2} + D_{techo}) * (T_{int} - T_{ext})$$

$$Q_{CONDUCCION} = (45 + 31 + 32 + 43 + 4 + 175) * (19 - (-15))$$

$$Q_{CONDUCCION} = (330) * (34) = 11\,220 \text{ W}$$

### **3.3.1 Cálculo de las pérdidas por ventilación:**

Sacamos de los documentos de clase de calor y frio la tabla siguiente. Los caudales de ventilación definidos abajo son los mínimos exigidos por la normativa. Pueden corresponder a una ventilación mecánica o simplemente abrir las ventanas de la casa.

**Carga de ventilación**

HS Salubridad (HS 3: Calidad del aire interior)

Tabla 2.1 Caudales de ventilación mínimos exigidos

		Caudal de ventilación mínimo exigido $q_v$ en l/s		
		Por ocupante	Por $m^2$ útil	En función de otros parámetros
Locales	Dormitorios	5		
	Salas de estar y comedores	3		
	Aseos y cuartos de baño			15 por local
	Cocinas		2	50 por local <sup>(1)</sup>
	Trasteros y sus zonas comunes		0,7	
	Aparcamientos y garajes			120 por plaza
	Almacenes de residuos		10	

<sup>(1)</sup> Este es el caudal correspondiente a la ventilación adicional específica de la cocina (véase el párrafo 3 del apartado 3.1.1).

Calculamos el caudal total:

Tipo de espacio	Caudal de ventilación mínimo exigido (l/s)	Numero de personas o superficie	Caudal necesario
Dormitorios (6)	5 por ocupante	2	60 l/s
Salas de estar y comedores (2)	3 por ocupante	2	12 l/s
Cocina (1)	2 por $m^2$	30 $m^2$	60 l/s
Trasteros (3)	0,7 por $m^2$	30 $m^2$	21 l/s

$$Q_{\text{ventilación}} = q_{\text{vent}} * \rho_{\text{air}} * C_{p_{\text{air}}} * (T_{\text{int}} - T_{\text{ext}})$$

$$Q_{\text{ventilación}} = 0,153 \text{ m}^3/\text{s} * 1,3 \text{ kg}/\text{m}^3 * 1004 \text{ J}/\text{kg} * (19^\circ\text{C} - (-15^\circ\text{C}))$$

$$Q_{\text{infiltraciones}} = 6\,789 \text{ W}$$

**3.3.2 Cálculo de las pérdidas por infiltraciones:**

No hay de ventilación mecánica en esta casa, así solo tendremos en cuenta las infiltraciones. Sacamos del manual de aire acondicionado de Carrier datos sobre las infiltraciones.

Los valores medios suelen situarse alrededor de 1.8  $m^3/h$  para las ventanas y de 2.5  $m^3/h$  para las puertas.

La casa cuenta con 9 ventanas y 3 puertas.

$$Q_{\text{infiltraciones}} = V_{\text{infiltraciones}} * \rho_{\text{air}} * C_{p_{\text{air}}} * (T_{\text{int}} - T_{\text{ext}})$$

$$Q_{\text{infiltraciones}} = \frac{23,7 \text{ m}^3}{3600 \text{ s}} * 1,3 \text{ kg/m}^3 * 1004 \text{ J/kg} * (19^\circ\text{C} - (-15^\circ\text{C}))$$

$$Q_{\text{infiltraciones}} = 1\,404 \text{ W}$$

Potencia que instalar para calentar la casa:

Las cargas internas y de radiación no se calculan por ser una ganancia.

### 3.3.3 *Calculo de la potencia de calentamiento necesaria.*

$$P = Q_{\text{infiltraciones}} + Q_{\text{CONDUCCION}} + Q_{\text{VENTILACION}} = 19\,409 \text{ W}$$

Para asegurar el cálculo, comparamos este resultado con la potencia eléctrica y el hogar que calientan la casa hoy:

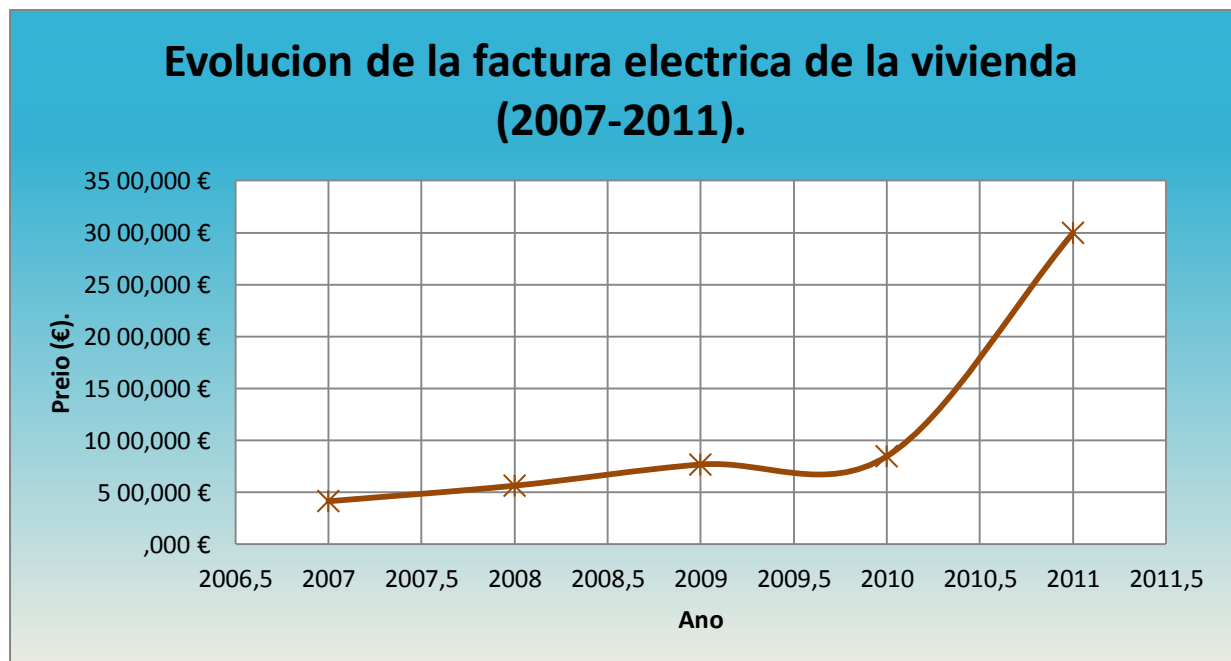
<b>Potencia instalada</b>	Convectores: <b>16 kW</b>
	Hogar encerrado: <b>8 kW</b>

Es decir al total una potencia de 24 KW. La potencia instalada supera de casi dos veces la potencia necesaria pero es importante notar que esa potencia P es para mantener la casa a 19°C mientras que como es una residencia secundaria puede ser necesario calentarla desde su temperatura sin calentamiento (alrededor de 3-4°C en invierno) en uno o dos días.

## 3.4 Estudio del consumo eléctrico de los últimos años.

Después de haber calculado las pérdidas en la casa y su descripción es importante relacionar esto con la ocupación de la casa como es una habitación secundaria. Así una buena manera de conocer de un lado la ocupación de la casa y de otro lado la tasa de retorno de la inversión si hablamos de energía geotérmica.

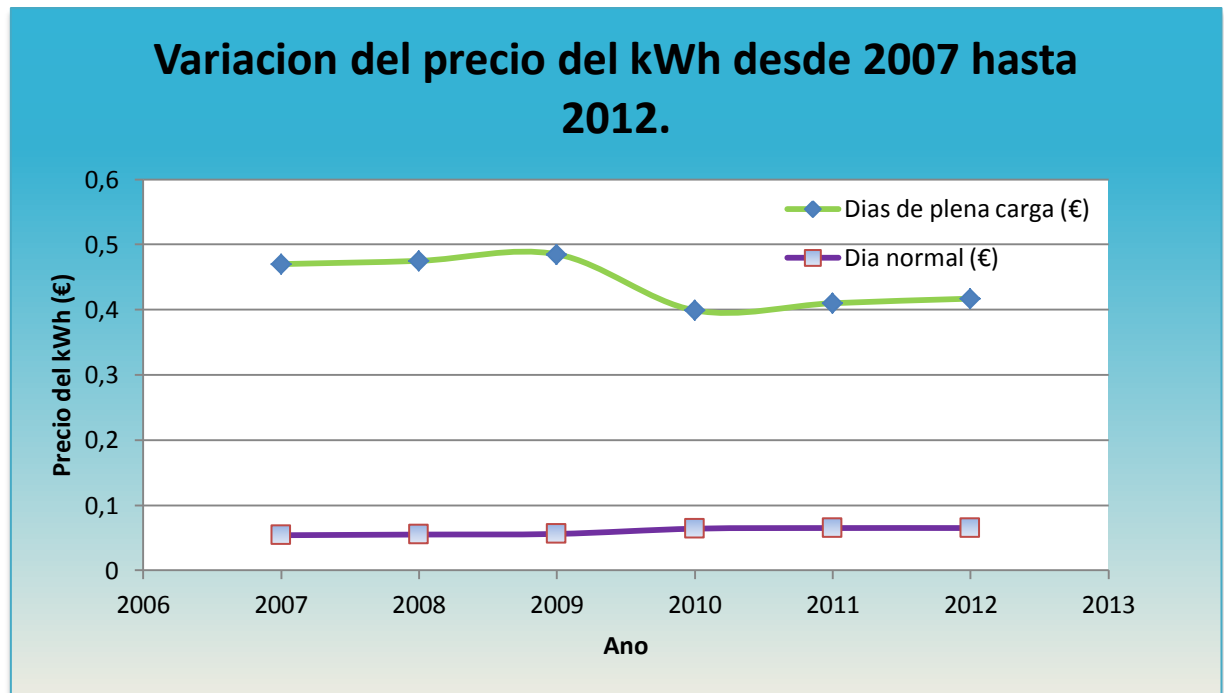
El estudio de las facturas eléctricas desde el año 2007, nos permite dibujar el grafico a continuación:



**Figure 17: Evolución de la factura eléctrica de la casa.**

Este grafico nos comunica dos informaciones importantes, la primera es el fuerte aumento del consumo de energía eléctrica a partir del año 2011, debido a la adición de una piscina a la casa que se calienta con un calentador eléctrico de 12kW. Una potencia casi igual a la potencia instalada en la casa. Además como la casa se utiliza más en verano el calentamiento de la piscina tiene una parte aún más importante en la factura final.

Para averiguar que el aumento no es debido a un aumento del precio de la energía eléctrica, el grafico a continuación muestra que los precios para este contrato casi no han aumentado, al contrario se han reducido para los días "rojos" de plena carga.



**Figure 18 : Evolución del precio de facturación del kWh.**

## **4 ANÁLISIS DEL ENTORNO DE LA VIVIENDA, DE SUS RECURSOS ENERGÉTICOS LOCALES.**

### **4.1 Recursos energéticos en el entorno de la vivienda.**

#### ***4.1.1 Energía hidráulica.***

Existe un poco arriba de la casa una fuente de agua que proporciona un caudal de casi 10L/minuta. Esta fuente pertenece al dueño porque sale de la tierra en su terreno. Este tipo de energía solo se puede utilizar con micro centrales hidráulicas con una altura de caída bastante importante. En el terreno existe esta altura de caída entre el principio de la fuente y la altura baja del agua en el terreno hay casi 8 metros. Eso representa una presión estática de casi 1,8 bares sin tener en cuenta las pérdidas de carga. Las ventajas de este tipo de micro centrales es que se utiliza todo el año y que en Francia como para la energía solar, la electricidad no se



utiliza pero se vende a EDF la empresa de producción de electricidad en Francia con tarifas muy interesantes.

El otro punto interesante con esa energía es su constancia: Se produce electricidad todos los meses del año, aún más en invierno cuando se necesita energía para el calentamiento de la vivienda. También durante un día se produce energía durante el día y durante la noche. Los profesionales cuentan con una producción de 7000 horas al año lo que representa cerca de 300 días completos de producción frente a los 365 días de un año. La tasa de producción alcanza el 82% con este medio energético!

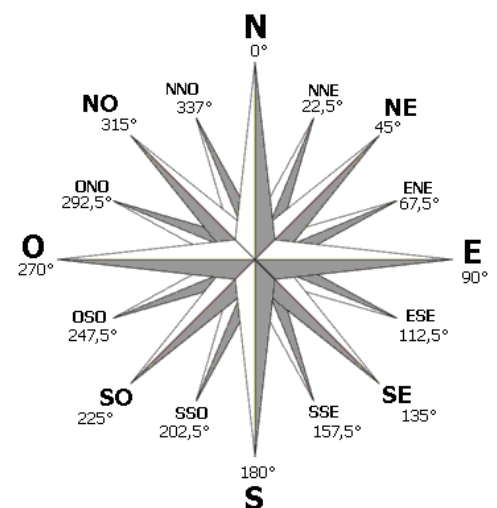
Si esta fuente es una real oportunidad para poder separar una vivienda de la red eléctrica los costes de inversión en este tipo de mini centrales hidráulicas son muy altos porque de una parte la compra de la central es cara y por otra parte la modificación del terreno necesita importante obras.

Así la rentabilidad de este tipo de proyecto depende mayormente del caudal y en nuestro caso 10L/min es muy poco. Los instaladores de este tipo de medio de producción energética no tienen de centrales rentables de menor capacidad que 20kW.

Es la razón por la cual no trabajaremos a la aplicación precisa de este medio energético a la vivienda estudiada. La inversión no podría ser rentable lo que es uno de los objetivos de este proyecto.

#### **4.1.2 Energía eólica.**

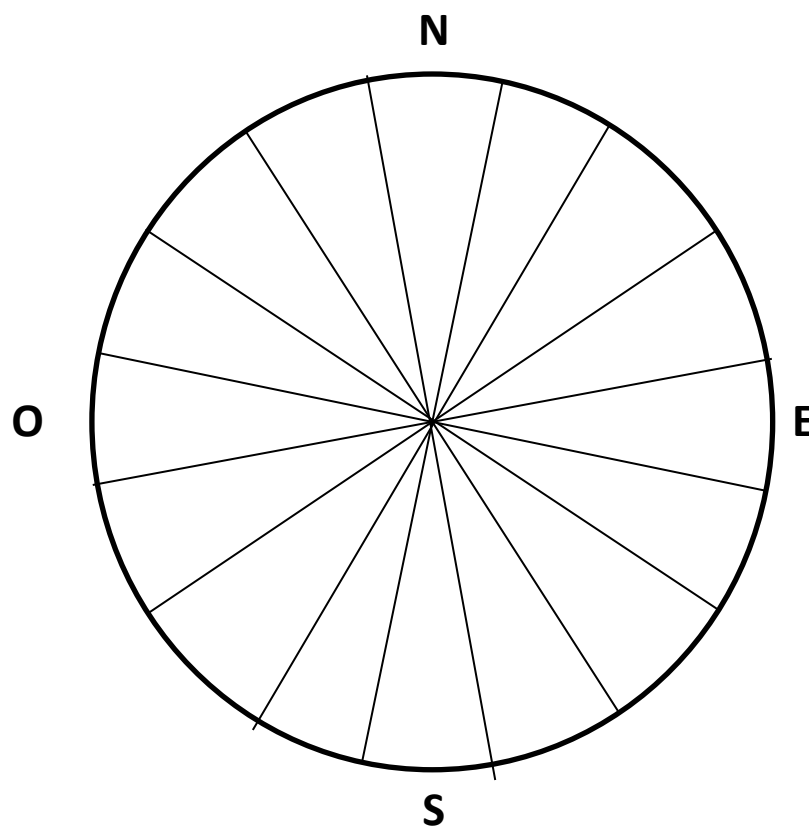
Como lo hemos notado antes, la región se compone en gran parte de montañas de medio tamaño. Este tipo de terreno no es muy adaptado a la utilización de la energía eólica. En nuestro caso existe en la propiedad un sitio a donde el viento sopla más fuerte que en media y de manera bastante constante. Esta parte del terreno está un poco alejada de la vivienda, unos 60 metros así que transportar la energía a esa distancia tendría que ser estudiado.



Le eficiencia de una turbina eólica depende fuertemente de la velocidad del viento. No tiene que ser demasiado pequeña ( $>5\text{m/s}$ ) pero tampoco demasiado grande ( $<25\text{ m/s}$ ). Las primeras reflexiones utilizan como información la deformación de los árboles, de este podemos destacar la dirección del viento que domina en un sitio. Pero no es suficiente para determinar el mejor sitio de instalación de la turbina.

Existe otro método no demasiado complicado para determinar de manera bastante precisa los diferentes vientos. Por eso vamos a utilizar una brújula para orientar el círculo que sigue:

**Figure 19 : "Rose des vents".**






El círculo se descompone de 16 partes. Una parte corresponde a una dirección de ángulo ( $360^\circ/16 = 22,5^\circ$ ).

Para utilizar este método debemos medir la velocidad del viento: las turbinas que se suelen instalar son de 12 m de altura, la altura máxima sin tener que solicitar un permiso al ayuntamiento. Así las medidas que vamos a hacer serán a esa altura. El equipo que vamos a utilizar se compone de un Anemómetro con un palo de 10 metros.

Las medidas tienen que ser hechas a diferente periodo. Por eso he pedido la ayuda de un vecino que todos los días ha hecho medidas en las diferentes direcciones de viento.

Vamos a medir dos cosas: la dirección y la velocidad del viento. Para la dirección, un viento **Norte -> Sur** se anotará con un punto en la sección correspondiente a su dirección.

Además vamos a indicar la velocidad del viento con colores.

Color	Velocidad
	2 – 4 m/s
	5 – 8 m/s
	> 8m/s

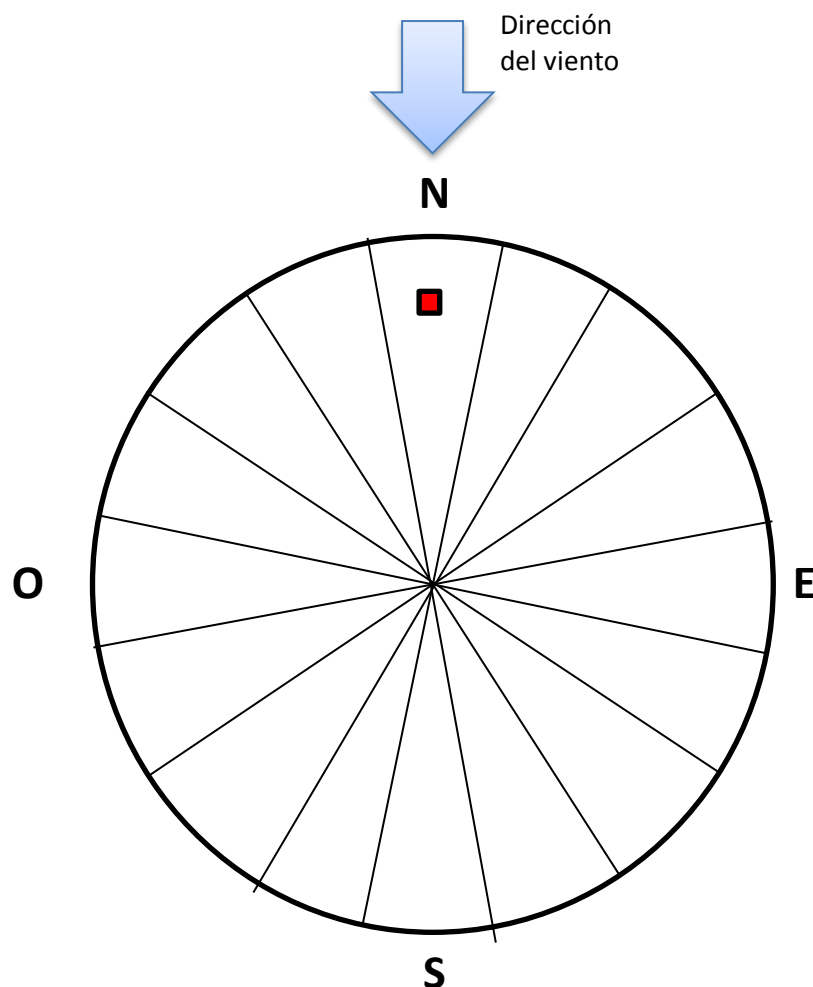


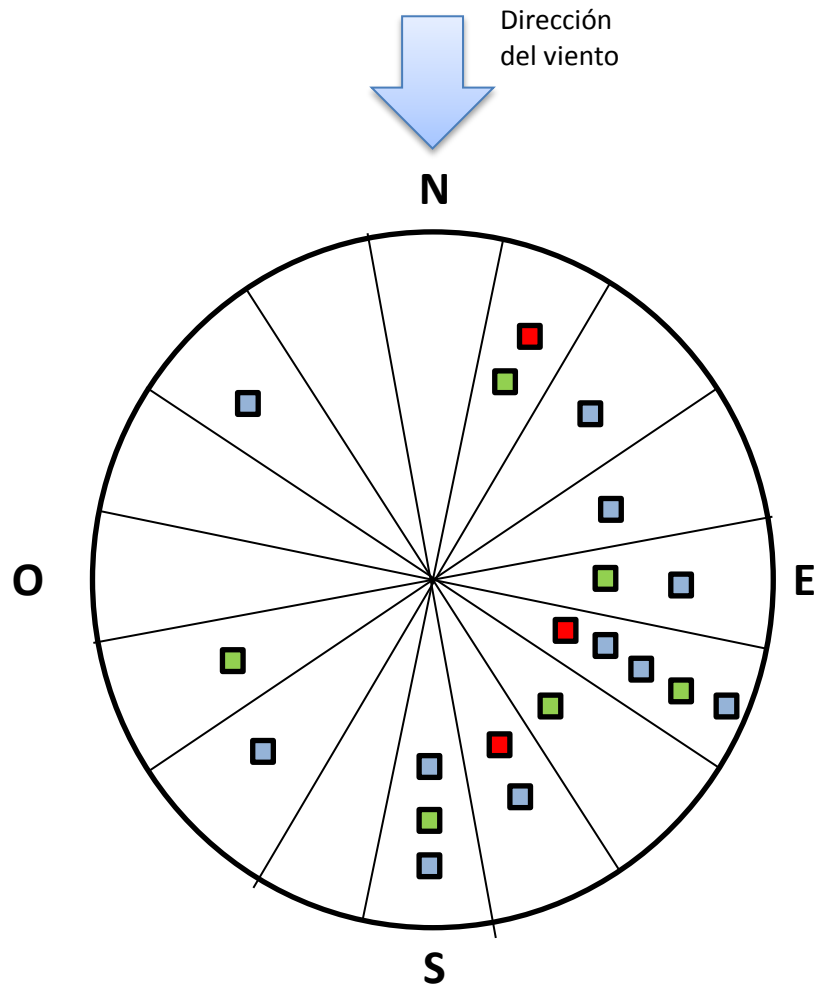
Figure 20 : Ejemplo de notación para un viento "Norte -> Sur" de velocidad 9 m/s.

Al cabo de un mes de medidas tenemos 20 puntos, es decir, que el viento sopló 20 días a una velocidad superior a 2 m/s.

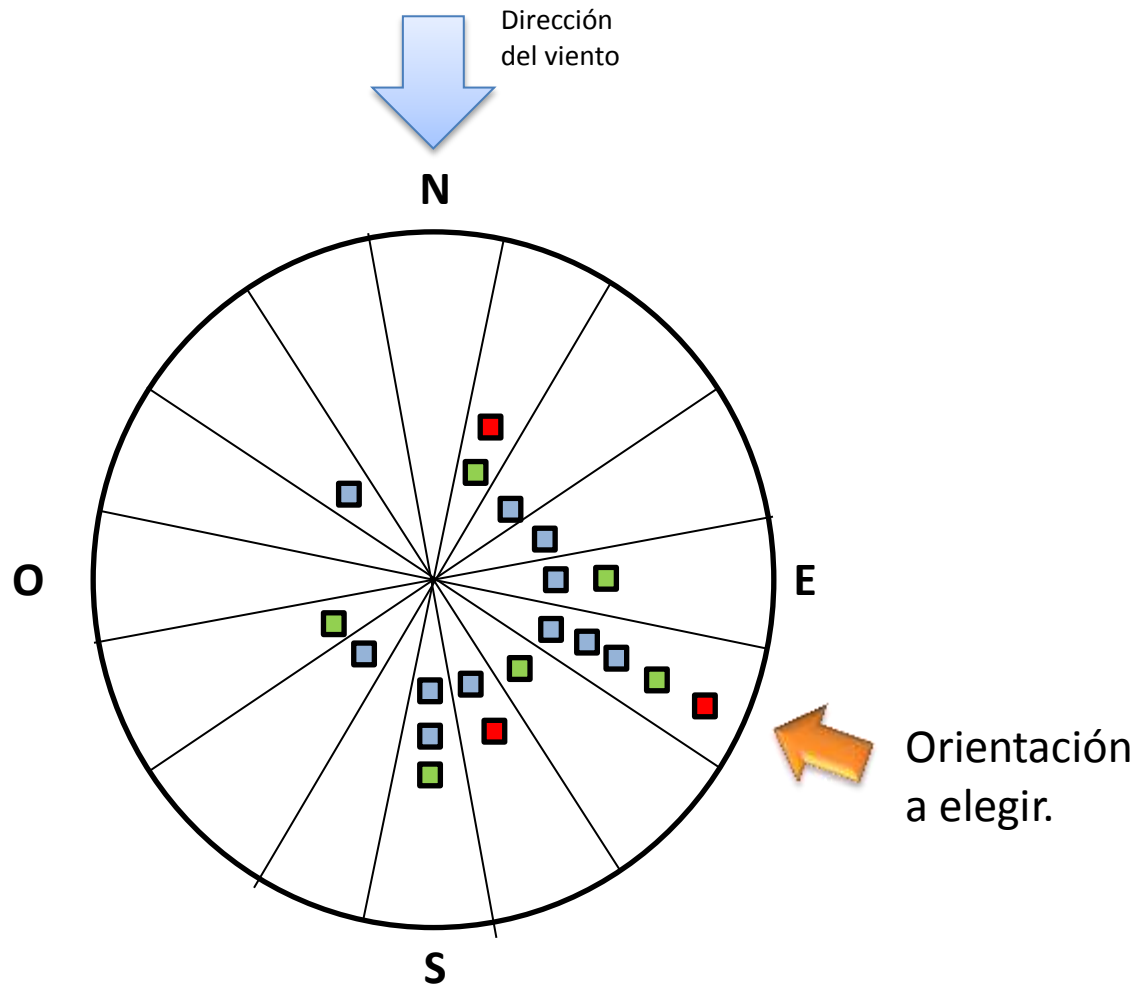
A continuación se puede ver la tabla de las medidas para el mes de Mayo 2012.

Fecha	Direccion	Velocidad (m/s)	Fecha	Direccion	Velocidad
01/05/2012	E -SE	2,5	17/05/2012		
02/05/2012	E	7	18/05/2012		
03/05/2012			19/05/2012	S - SE	2,5
04/05/2012	S	3	20/05/2012	E - EN	4,5
05/05/2012	NE	5,5	21/05/2012	N - NE	9
06/05/2012	E -SE	6,5	22/05/2012		
07/05/2012	O - OS	3	23/05/2012	E -SE	3,5
08/05/2012			24/05/2012	E -SE	7,5
09/05/2012	NO	2,5	25/05/2012	E	4
10/05/2012	E -SE	10	26/05/2012	S	6
11/05/2012	S	2,5	27/05/2012		
12/05/2012			28/05/2012	N - NE	6,5
13/05/2012	SE	3	29/05/2012	S - SE	8,5
14/05/2012			30/05/2012		
15/05/2012	SO	3,5	31/05/2012		
16/05/2012					

Desde la tabla dibujamos el grafico.



Si lo dejamos así el grafico no es muy claro, así vamos a organizar las velocidades del viento por orden creciente de velocidad.



Para tener información más completa y más fiable, necesitaríamos medir más veces al día y durante un año completo a las mismas horas del día. Se podría así calcular precisamente la media de la velocidad del viento en este sitio.

Este trabajo lo hace Météo France, la agencia meteorológica francesa pero sus resultados no son gratuitos y comprar el perfil de viento en un sitio vale casi 10 000€ mientras que la media regional se encuentra gratuitamente.

En nuestro caso, la distribución de vientos destaca una dirección de viento principal: E-NE que corresponde al perfil de altitud (hay un pequeño valle que permite al viento pasar solo en esa dirección).

Pero tampoco hay mucho viento, así la instalación de una turbina eólica parece poco probable debido al poco número de días de viento utilizable por ella.

Vamos a intentar calcular la potencia disponible por el cálculo, utilizando la medida media del viento para la región suministrado por Météo France.

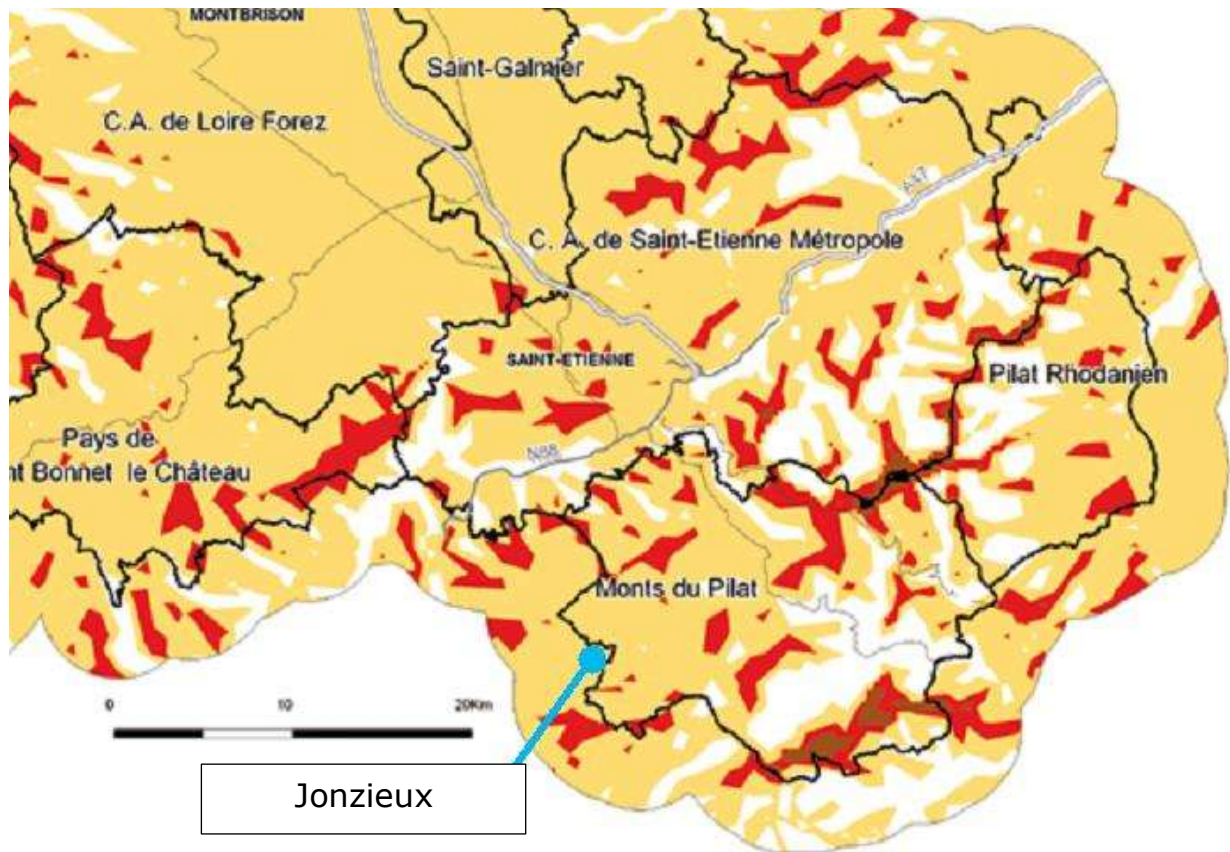


Figure 21: mapa de la velocidad media de los vientos para el departamento de la vivienda.



Figure 22: Leyenda de la mapa de los vientos.

La velocidad media de la región es de 4,5 m/s.

La potencia disponible para la turbina eólica se calcula con la formula a continuación:

$$P_{cinetica} = \frac{1}{2} \rho \times S \times V^3$$

$\rho$ : es la densidad del aire.

$S$ : la superficie del disco eólico (2 m de diámetro generalmente).

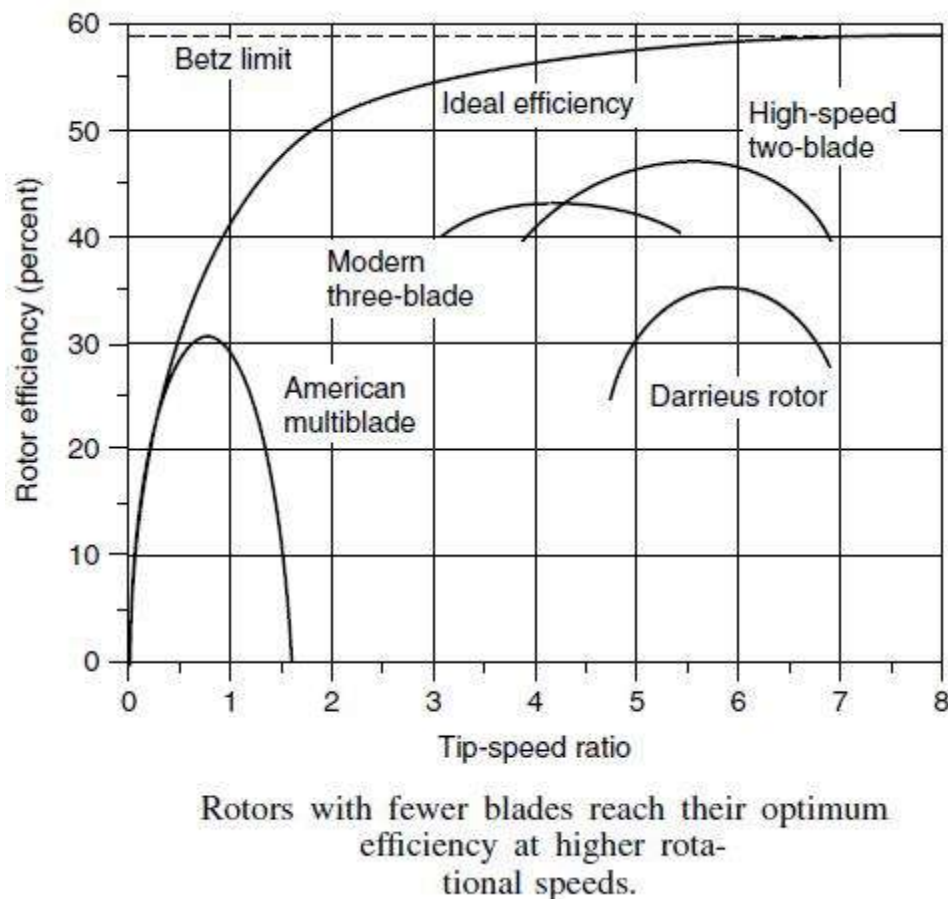
$V$ : la velocidad del viento a la altura de la turbina.

De eso se deduce la potencia de entrada mecánica máxima en la turbina con la curva del límite de Betz (grafico a continuación). La turbina que utilizaremos se compone de 3 palas, es de eje horizontal que se caracteriza por un rendimiento del orden del 40%.

$$P_{max} = \frac{16}{27} \frac{1}{2} \rho \times S \times V^3$$

es decir:  $P_{max} = 0,37 \times S \times V^3 = 33,7 \text{ kW}$





**Figure 23: Curva del límite de Betz para los diferentes tipos de turbinas.**

Así la potencia disponible a la entrada de la generatriz sería de:

$$P_{\text{entrada generatriz}} = 40\% * P_{\text{max}} = 13,5 \text{ kW}$$

Las generatrices tienen un rendimiento alrededor de 0,9 teniendo en cuenta las pérdidas mecánicas y de conversión.

$$P_{\text{teórica eléctrica producida}} = 0,9 * P_{\text{entrada generatriz}} = 12 \text{ kW}$$

Si sacamos una potencia eléctrica producida bastante importante (12 kW) debemos tener en cuenta que es generalmente difícil sacar potencia de vientos menor que 4 m/s con una turbina eólica y la velocidad media es de 4,5 m/s...

Además los costes son mucho más altos para la potencia eólica que los otros medios de producción renovables si la turbina no tiene una utilización muy alta. Costes más altos a la inversión pero también en

mantenimiento! Es bastante claro que un tal proyecto no podría ser rentable, así no lo estudiaremos más en detalle.

#### **4.1.3 Energía solar.**

La energía solar es presente en todo el mundo pero con cantidades de energía diferentes. Así en la región estudiada la intensidad solar es bastante buena como se puede ver en la figura a continuación.



**Figure 24: Mapa de energía proporcionada por el sol en Francia.**

Con una intensidad entre 1400 kWh/m<sup>2</sup> y 1500 kWh/m<sup>2</sup> un proyecto puede ser rentable así estudiaremos más en detalle esa opción.

#### **4.1.4 Energía geotérmica.**

En la región existen muchos proyectos de geotermia lo que muestra que este tipo de producción de calor puede ser interesante. Pero hay unos factores que se deben tener en cuenta, el primero es que no hay de reducción de impuestos para una residencia secundaria lo que aumenta el precio de la instalación. El segundo es que la vivienda se sitúa a 900m de altitud así durante el invierno las temperaturas bajan hasta  $-20^{\circ}\text{C}$  y el suelo se congela hasta 1m de profundidad. El terreno de la vivienda es bastante grande así la captación sería posible. Es el medio de captación de energía más técnico así lo estudiaremos muy en detalle a continuación tratando de tener en cuenta las particularidades de la vivienda.

#### ***4.1.5 Elección de los medios de producción aplicables.***

La descripción previa nos ha mostrado bastante claramente que las energías hidráulica y eólica no son aplicables en nuestro caso. La primera debido a la falta de potencia disponible y la segunda a la región que no es adaptada a su utilización debido a la falta de potencia disponible y de regularidad. Así solo hay dos otros medios de producción que podrían ser rentables: la captación de calor por geotermia y la producción de electricidad por paneles fotovoltaicos.

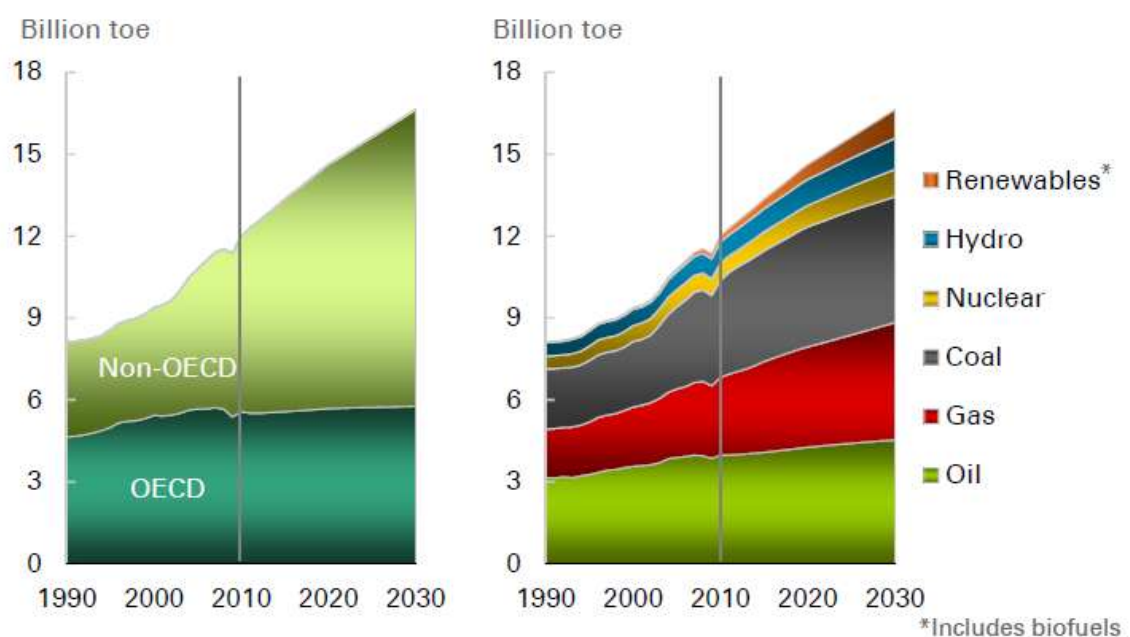
## **5 Estudio de los diferentes medios aplicables de captación de energía.**

### **5.1 Generalidades sobre la producción mundial de energía limpia.**

Como lo hemos visto en las teorías de Jeremy Rifkin, las diferentes maneras de producir energía son forzadas por la presión del crecimiento económico pero en Europa también por los objetivos de reducción de emisiones de gases a efecto invernadero (gracia al protocolo de Kioto). El caso de los países miembro de Europa es un poco diferente del resto del mundo porque cada uno fijó sus exigencias en cuanto a la utilización de energía renovable. Si hoy la parte de la energía renovable en el mundo es

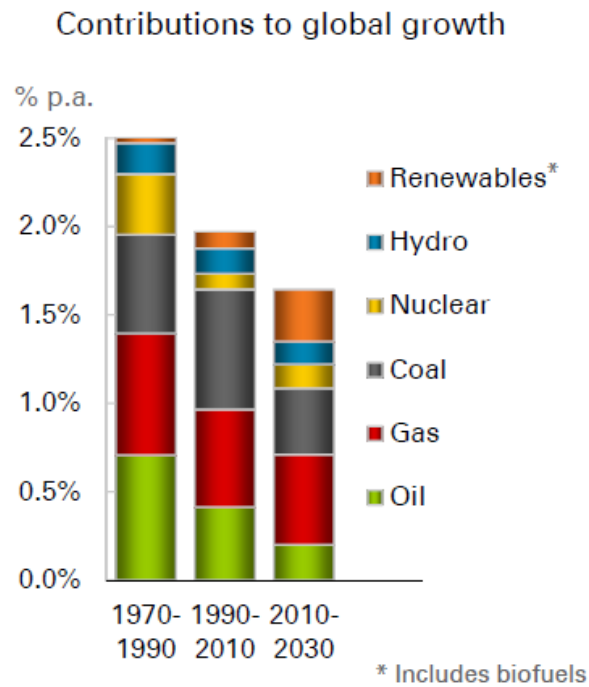
solamente del 1,3 %, Europa tiene objetivos a dos cifras, por ejemplo Alemania tiene como objetivo una economía en la cual el 20 % de energía será producido por medio de producción de energía renovable en 2020. La definición de estos objetivos puso base a un desarrollo, técnico y tecnológico, de las energías renovables como Bio-carburantes, energía eólica, fotovoltaica, hidráulica, y geotermia...

Al final si se habla hoy en día mucho de la transición hasta las energías renovables, debemos tener en cuenta que esta transición es a su principio como lo muestra el grafico a continuación. La parte de energías renovables hoy casi es despreciable en el mix energético mundial.



**Figure 25: Evolución de la producción de energía mundial.**

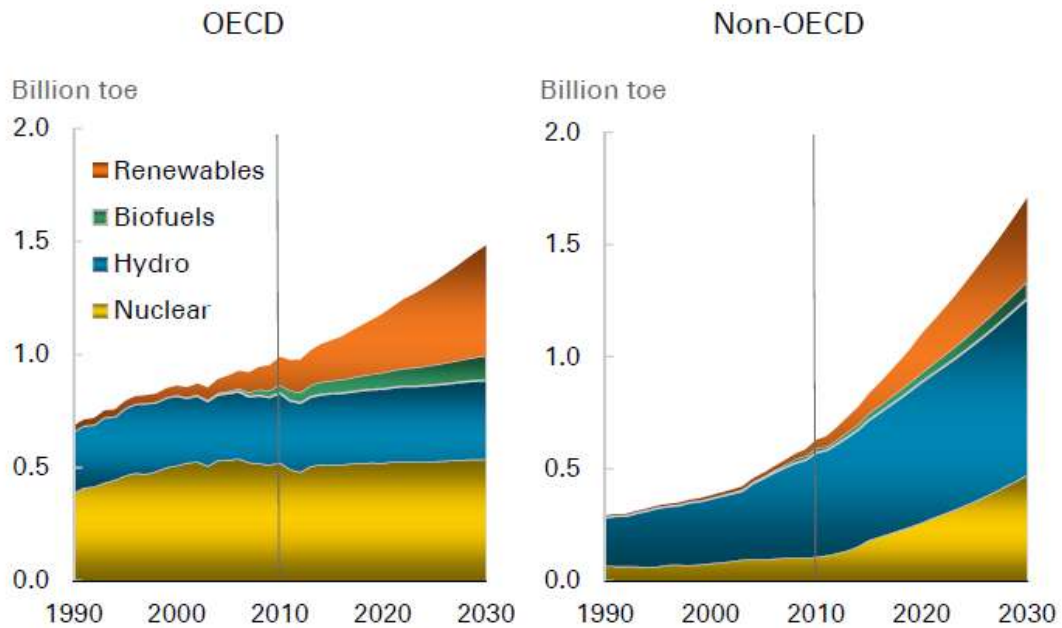
Abajo se describe la importancia que tiene cada medio energético en el crecimiento. La tendencia que se observa sobre el total es una disminución del crecimiento mundial de consumo de energía hasta solo 1,5% por año. Eso se explica principalmente por la baja de la intensidad energética en casi todos los países del mundo lo que permite compensar el aumento del consumo que sigue a menudo el crecimiento de la economía en los países desarrollantes.



**Figure 26: Segmentación del crecimiento energético por medio.**

El cambio desde una economía basada en energías fósiles hasta una economía limpia no se hará antes de unos años. En relación con esto se nota en la historia que un medio siglo es necesario para cambiar completamente de fuente de energía (desde vapor hasta petróleo por ejemplo). Por ejemplo el cambio de las economías Americanas y Europeas desde madera hasta la vapor producida por el carbón se hizo en un medio siglo! Pero como lo muestra el grafico a continuación, este cambio ya está en marcha.

La segunda cosa que se puede destacar es la importancia que toman las energías limpias (nuclear, hidráulica y renovables) en el crecimiento en 2030 que alcanzan un tercio del aumento total.



**Figure 27: Diferencia entre OECD y non-OECD país en la producción energética.**

## 5.2 Estudio de la captación de calor geotérmica.

La captación de energía geotérmica es una tecnología bastante complicada que necesita una inversión importante de parte del propietario. Por eso para hacer el estudio de la utilización de esa energía para la vivienda me he apoyado sobre dos empresas especializadas en esa tecnología.

### 5.2.1 *La empresa.*

Tuvo una reunión con la empresa STEE en mayo. De este encuentro hemos definido la estructura y el tipo de captación más adecuado a la vivienda.

La empresa STEE celebró este año sus 28 años de historia. Cuenta con 20 empleados y su principal campo de actividad es la instalación y el mantenimiento de bombas de calor. Fue creada por dos personas que trabajaban anteriormente como técnicos en el mismo sector (operador de calefacción). La principal actividad de esta empresa fue la limpieza de las calderas de petróleo y gas. Ellos utilizaron sus conocimientos de la unidad de control de la caldera y luego se especializaron cada uno en áreas de conocimiento más específico. De este modo uno se convirtió en un técnico especialista en refrigeración y bomba de calor, mientras que el otro fundador se formó en gestión empresarial y mantenimiento de la

automatización.

El modelo económico de la empresa es el de tener un servicio al cliente que funcione 24h/24 y 7d/7. Un sistema rotativo está dispuesto entre los empleados voluntarios.

Esta empresa es el orgullo de estas dos personas, es de hecho una de las últimas pequeñas empresas del sector, la competencia se compone casi únicamente de grandes empresas como el grupo Veolia, La Lyonnaise des eaux y EDF ...

El trabajo sobre las bombas de calor implica la manipulación de refrigerante líquido, tal y como el freón. Esto requiere que la empresa se registre en la prefectura y pase las auditorías necesarias para obtener o mantener la certificación. Este es un detalle importante porque cada una de estas certificaciones se obtiene con cursos de formación para los empleados, lo que eleva el coste de mano de obra.

Además, la compañía ha optado por hacer el sistema entero, lo que garantiza la calidad de las instalaciones que a continuación mantienen. Así, se puede ofrecer al cliente un servicio de garantía y post-venta eficaz con una reducción máxima de los defectos de calidad que no proponen los otros grandes competidores del sector.

Esta empresa luego se desarrolló a través de la inclusión de conocimientos empresariales. Pero tomaron la decisión de bloquear el crecimiento de la empresa, de hecho, un aumento mínimo de personal tendría un gran impacto (por ejemplo una reubicación), que no sería bueno para la rentabilidad de la empresa.

### ***5.2.2 Los mercados locales y nacionales:***

Este sector se caracteriza por una rotación muy elevada de las empresas, de hecho hay muchos emprendedores que deciden iniciar su propio negocio, lo que explica el gran número de empresas en bancarrota cuando el año es más difícil. El Tamaño "medio" de la empresa permite suavizar las fluctuaciones en la demanda y le permite también obtener los contratos de mantenimiento de las empresas que después de quebrar no pueden prestar el servicio. Pero cuando se trata de máquinas que deben funcionar entre 20 y 30 años, es importante asegurarse de la sostenibilidad de la empresa para garantizar su mantenimiento.

### ***5.2.3 Historia de la instalación de bombas de calor en Francia:***

Un factor importante en la longevidad de una bomba de calor es la calidad de su instalación y su mantenimiento. En Francia, en la década de 1980, la compañía EDF quería promover las bombas de calor con el lema: ". Una bomba de calor puede ser instalada en cualquier lugar y por cualquier persona" La promoción se dirigió tanto a electricistas, proporcionándoles un sistema que simplificó la fontanería como a fontaneros, proporcionándoles un sistema en el que sólo tenían tres hilos eléctricos. El problema fue que ninguno de esos dos obreros tenía la competencia necesaria para hacerlo bien. Esta promoción creó un gran número de reproches acerca de la bomba de calor, ya que los clientes no distinguieron los beneficios de la bomba de calor de su calidad de instalación.

### ***5.2.4 La tecnología de la bomba de calor.***

#### ***5.2.4.1 Teoría:***

El funcionamiento de la bomba de calor es simple:

Calentar una sala después de capturar el calor natural del exterior. Así, en los últimos años, la bomba de calor tuvo un aumento de interés con sus aplicaciones para calefacción y producción de agua caliente de viviendas. Esta tecnología ha despertado la curiosidad en Francia mientras que esa tecnología ya ha entrado en la vida diaria de otros europeos (sobre todo en Escandinavia y Europa germánica).



#### ***5.2.4.2 Funcionamiento:***

La bomba de calor es un dispositivo de calentamiento que transfiere el calor desde un ambiente frío (fuente de calorías) a un sitio más caliente (habitación por ejemplo). Para aplicaciones residenciales, la bomba de calor extrae el calor del ambiente: el aire exterior, el suelo o el agua de los estanques y aguas subterráneas. Esta transferencia de calor del frío al calor no se produce de forma natural. Para hacer esto, el circuito de la bomba de calor utiliza un ciclo termodinámico (varios cambios sucesivos de estado de un líquido), lo que requiere un compresor, al igual que un refrigerador, la bomba de calor consume electricidad. Así, la utilización de la bomba de calor es de interés sólo si su consumo de energía se compensa por la cantidad de calor que se transfiere.



La bomba de calor comprende un circuito de transferencia de calor que consiste en un compresor, un expansor y dos intercambiadores de calor: el evaporador para capturar las calorías en el medio frío y el condensador para proporcionar el calor en el ambiente caliente.

### 5.2.5 Descripción del sistema.

El ciclo termodinámico se realiza en un circuito cerrado a través del cual un refrigerante circula. Un refrigerante es un producto que está o en estado líquido o en estado gaseoso en función de las condiciones de presión y temperatura al que es sometido. Estos son los cambios de estado durante los cuales se toma y da calor.

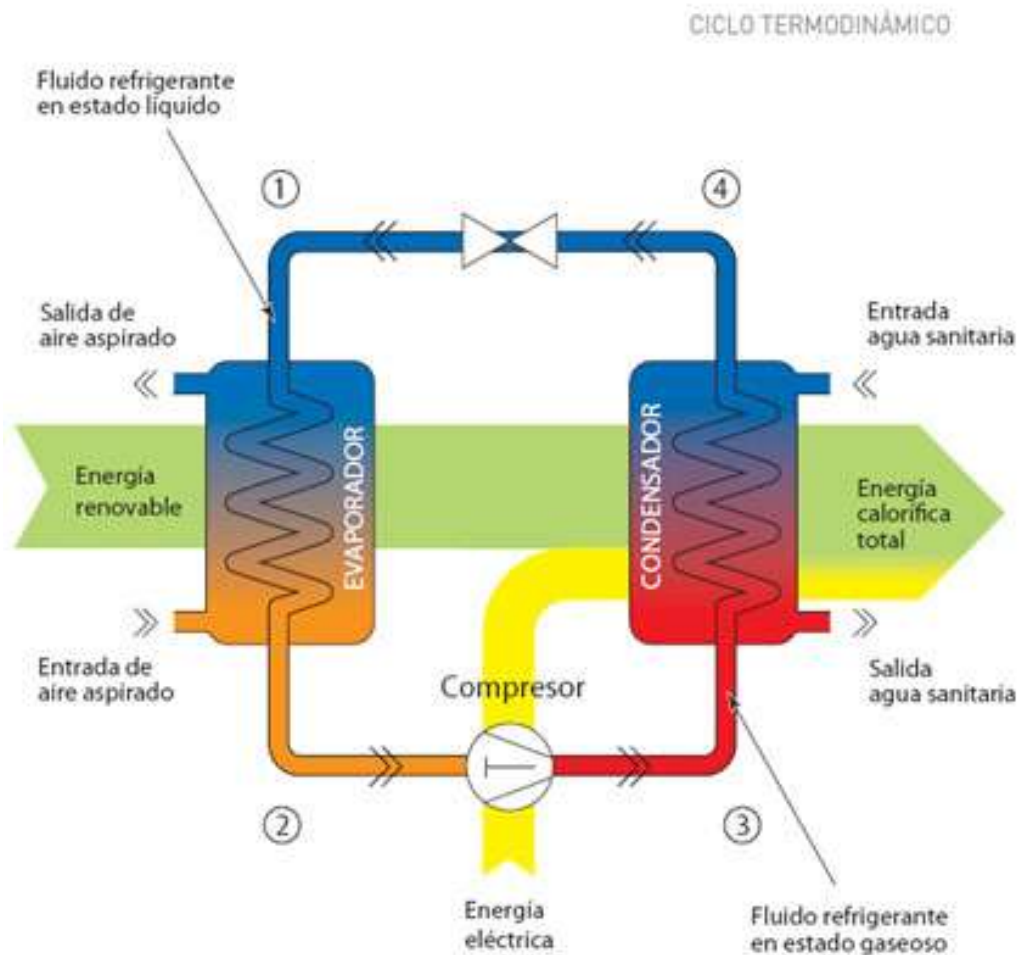


Figure 28 : Esquema del ciclo de una bomba de calor.

- En el evaporador, se evapora el líquido, es decir, cambia el estado de líquido a gaseoso y toma el calor del entorno en el que se coloca.
- A continuación, el gas es aspirado, se comprime y se distribuirá por el compresor.
- Las nuevas condiciones de presión al que está sometido el fluido, causan un retorno al estado líquido. En el condensador, el calor generado por esta condensación se descarga en el entorno en el que se coloca.

- El líquido obtenido pasa a través de una válvula que hace caer la presión. Las nuevas condiciones de presión lo vaporizan. El líquido se devuelve al evaporador y el ciclo puede continuar.

#### **5.2.6 Rendimiento de una bomba de calor.**

El rendimiento de la bomba de calor se caracteriza por un coeficiente de rendimiento (COP). El COP es la relación entre el calor producido por el condensador y la electricidad utilizada para producirlo. Cuanto mayor sea el COP, mayor será el rendimiento de la bomba de calor. El COP está influenciado por las diferencias y la estabilidad de temperaturas entre el disipador de calor y la fuente de calor, la eficiencia de los intercambiadores de calor y el consumo de potencia del compresor. Así el COP varía con el tiempo dependiendo de las condiciones de operación y merece ser establecido durante un largo periodo de uso. El COP estacional es el criterio que tiene que ser considerado para caracterizar la bomba de calor. Por ejemplo una bomba de calor que tiene un COP estacional de 4 significa que suministra 4 kWh de calor por 1 kWh de electricidad consumida.

$$COP = \frac{\text{Calor suministrada a la vivienda (J)}}{\text{Energía eléctrica consumida por el sistema}}$$

La bomba de calor necesitará más tiempo para calentar la vivienda que una caldera clásica. Y si le pedimos demasiada potencia, el número de arranque del compresor se incrementará dramáticamente lo que reducirá mucho su duración. Del mismo modo, la formación de hielo en una bomba de calor Aero térmica obliga al sistema a cambiar de sentido el flujo de aire caliente lo que crea una importante diferencia de presión entre la entrada y la salida del compresor reduciendo su duración de vida.

Desde un punto de vista técnico, la principal dificultad es la presencia de la electrónica cada vez más importante y complicada. Esta adición aumentó el rendimiento, sin embargo hoy las bombas se instalan en el exterior, los componentes electrónicos son muy sensibles al relámpago y las diferencias de tensión que provocan las averías.

#### **5.2.7 Las tres fuentes de energía geotérmica.**

La bomba de calor absorbe el calor en el suelo, agua o aire para después redistribuirlo en la casa. En los tres casos, el principio es idéntico pero la instalación cambia. Así debemos elegir el sistema de intercambiador de calor que mejor se adapte a la situación.

#### *5.2.7.1 Captación desde el suelo.*

Cuando una bomba de calor extrae calor del suelo, se llama bomba de calor geotérmica. Para aprovechar el calor de la tierra, hay dos posibilidades: o bien utilizar la capa superior del suelo (la tierra del jardín), utilizando un intercambiador horizontal, O utilizar el calor de las capas más profundas del suelo utilizando sondas verticales. Así, por una bomba de calor geotérmica (agua / agua), llegamos a COP casi alrededor de 5. Su ventaja es que casi no depende de las condiciones externas.

Las bombas de calor de alta temperatura son más nuevas y están equipadas de compresores de dos plantas lo que permite tener un COP constante independientemente de las temperaturas.

Vamos a ver más adelante con mayor precisión como se hace la captación de calor de ambos tipos de sondas.

#### *5.2.7.2 Captación desde el Aire.*

Una bomba de calor puede extraer su calor del aire exterior. Esto se conoce como bomba de calor Aero térmica. El evaporador está constituido por una serie de tubos donde circula el refrigerante líquido. Estos tubos están en contacto con el aire ambiente. Se puede dejar circular el aire de forma natural (intercambiador de calor aire estática) o forzada mediante un ventilador (convección forzada evaporadores). En este último caso, el rendimiento del sistema cae de nuevo. En efecto, es necesario el uso de electricidad para la hélice del ventilador y en segundo lugar, un sistema de deshielo se inicia cuando la temperatura del aire está por debajo de 5 ° C.

Esta técnica es ciertamente la más simple de aplicar, pero la temperatura del aire exterior es muy variable así que varía el COP de la bomba en consecuencia. Este tipo de bomba de calor no es generalmente el único sistema de calentamiento en una casa. Esta bomba de calor no es de

gran tamaño y el sistema secundario entra en vigor sólo si la bomba de calor no puede entregar suficiente potencia.

En cuanto a la bomba de calor Aero térmica (aire / agua o aire / aire), un primer problema es la formación de hielo debido a que las calorías tomadas en aire crean las heladas, por lo que es necesario para descongelar de cambiar el flujo durante 3 o 4 minutos lo que reduce la eficacia de esta bomba. Por lo tanto, el COP se sitúa entre 3,5 y 4,5 (generalmente el 4,5 es calculado siempre para una temperatura de  $+7^{\circ}\text{C}$  del aire exterior). Hay que tener cuidado con las cifras dadas por los fabricantes debido a los ciclos de descongelación que no siempre se tienen en cuenta en el cálculo del COP.

Con la altitud de la vivienda, parece bastante claro que con temperaturas tan bajas en el entorno de la casa estudiada, no sería rentable el uso de una bomba de calor tomando sus calorías en el aire. Elegir este sistema sería renunciar a la calefacción en los momentos en los que hace más frío.

#### 5.2.7.3 Captación desde agua de un acuífero.

Una bomba de calor puede extraer su calor del agua de un acuífero, un estanque o un río. Esta solución proporciona una fuente fría con una temperatura muy estable (entre  $10$  a  $14^{\circ}\text{C}$ ) pero es relativamente compleja de implementar. Se requiere un estudio preliminar del impacto sobre el medio ambiente. Pero la gran ventaja es de tener un COP muy alto que varía poco. También en otros casos se puede trabajar con mayor potencia de bomba de calor (grandes edificios). Si se tiene un acceso fácil al agua, ésta es la fuente de calor la más adecuada para usar bombas de calor gracias a su temperatura relativamente alta y constante.

#### 5.2.8 *Ejemplo:*

En la práctica, una bomba de 12-15kW supone una inversión de alrededor de 10 000 a 15 000 €, el precio de compra por el instalador antes de instalarla es de



**Figure 29: Medio de almacenamiento de fluido refrigerante.**

unos 5000 € a 7000 €. Así la durabilidad de los equipos es un factor clave. El aislamiento está muy relacionado con la instalación de una bomba de calor. Si las pérdidas son demasiadas grandes, la bomba de calor se enciende con demasiada frecuencia, lo que reduce considerablemente su duración de vida (compresor).

En cuanto al refrigerante utilizado, hace 20 años los líquidos más utilizados fueron los freones poco caros, más eficaces, pero muy perjudiciales para el medio ambiente, tales como R-22. Este último será prohibido de manipulación a partir del 1 de enero de 2014 en Francia. Así, un número de acreditación se requiere para manejar y utilizar esos Freones. Este es un aspecto importante de esta industria porque requiere de una fuerza de trabajo altamente capacitada y certificada para operaciones no alcanzables por los fontaneros por ejemplos.

Sin embargo, existe hoy en día la posibilidad de instalar su propia bomba de calor después de comprarla en una tienda de bricolaje. El líquido refrigerante no tiene que manipularse, está ya en tubos. Contienen su propia dosis de freón para una distancia dada. Este sistema también se utiliza en los talleres de reparación de automóviles con aire acondicionado. Pero existen muchos tipos de problemas con este tipo de instalación: primero la dificultad de encontrar una persona dispuesta a mantenerla. Esto hace que existen electricistas y fontaneros que montan bombas de calor sin asegurar el mantenimiento de la instalación.

La rentabilidad de una bomba de calor está muy relacionada con su tiempo de funcionamiento. Así para estar seguro de que una bomba de calor será rentable, se tiene que verificar la seriedad del instalador y estar seguro que éste acepta encargarse del mantenimiento. También es mejor si el profesional es acreditado por la marca de la bomba de calor que instala, esto facilitara los cambios de piezas y en caso de problema de fabricación, el cambio de la bomba.

Del mismo modo, es interesante diseñar una tubería de mayor tamaño en la calefacción por suelo radiante. Esto permite trabajar con el líquido a temperatura más baja lo que mejora la eficiencia y por lo tanto el COP. Más claramente, se aumenta la superficie de intercambio de calor entre el líquido y el suelo lo que disminuye el coste de operación de la bomba de calor, mientras que aumenta poco el coste de las instalaciones, ya que solo se añade más longitud de una tubería plástica.

Es también ventajoso añadir un pequeño tanque de agua como masa inercial que permita trabajar a temperaturas más bajas. Esto

todavía requiere tener además una pequeña bomba de circulación (20W), pero esta inversión aumenta la longevidad.

Finalmente el sistema de bomba de calor equipado con la tecnología "inversor" tiene la capacidad de disminuir la potencia del compresor hasta un 20 o 30%, lo que permite evitar parar y poner de nuevo en marcha el compresor demasiadas veces.

### ***5.2.9 La importancia del aislamiento.***

Hemos visto que la longevidad y por lo tanto la rentabilidad de una bomba de calor están estrechamente relacionadas con el número de arranque por hora de la bomba de calor. Es importante señalar que la instalación de una bomba de calor debe ser acoplada con un buen aislamiento. La instalación de una calefacción por suelo radiante debe seguir una serie de reglas para asegurar un aislamiento eficaz. Del mismo modo, si el techo no está bien aislado, es más interesante invertir en el aislamiento del techo que en una bomba de calor de mayor tamaño.

### ***5.2.10 Tecnología de captación de energía en el suelo.***

En cuanto a la captación de energía geotérmica, hay dos tipos de captación: la captación con bobinas horizontales y la captación vertical por pozos.

#### ***5.2.10.1 Captación con bobinas horizontales***

Una captación horizontal por las bobinas requiere un campo húmedo para asegurar una buena conductividad térmica desde el campo hasta las bobinas. A veces es interesante disponer de un humidificador para asegurar esa conducción del calor. Esto provocó que la eficacia de una bomba de calor de un particular cayera



**Figure 30: Sistema de captación horizontal.**

bruscamente debido a la seca de su terreno, que también causó la muerte de la vegetación superficial.

En la captura horizontal, este sistema debe ser muy bien instalado bajo el nivel de hielo del terreno. Si se requiere alguna modificación después de la instalación, el coste de cavar sería importante.

Hay varios modelos de captura horizontal, el primero es un líquido compuesto por agua y glicol para bajar la temperatura de congelación y el segundo, más reciente, que se denomina COFAT con bobinas de cobre llenas de refrigerante. Aunque el rendimiento de este último sistema es excepcional debido a la eliminación de los dos intercambiadores, las instalaciones incluyen aproximadamente 15 kg de Freón, que es extremadamente peligroso para el medio ambiente en caso de fuga de las bobinas. Así se prefiere el uso de bobinas con agua y glicol.

#### *5.2.10.2 Captación por perforación vertical.*

La perforación ha tenido un gran crecimiento en la última década, pero el número de nuevas instalaciones empieza a disminuir. De hecho, la inversión inicial muy importante disuade a los clientes. La perforación de pozos está dirigida a personas dispuestas a invertir más dinero y a tener una tasa de retorno de inversión más larga, cerca de 20 años...

#### **Como se realiza una perforación:**

La perforación geotérmica siempre está precedida por un estudio geológico. En nuestro caso, el sótano es probablemente de granito (tipo de piedra dura que constituye el elemento principal de las montañas del sitio y piedras utilizadas en la construcción de la casa). Contrariamente a lo que se pudiera pensar no es una desventaja porque a pesar de la dureza, evita que la perforación se bloquee por el colapso del terreno cuando la herramienta se retira. Esto puede ocurrir con la tierra de arena. En este último caso, se requiere colocar tubos con el



**Figure 31 : Maquina de perforación.**

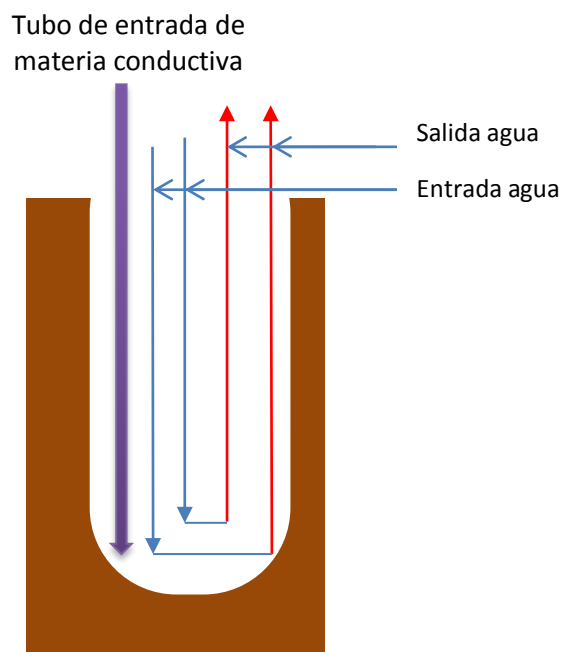
perforador lo que aumenta el coste. Del mismo modo, es un punto muy positivo para la conductividad puesto que el granito conduzca mejor el calor que la tierra.

Después del estudio geológico, las empresas especialistas en perforación cavan con la máquina como se muestra en la foto. Y después colocan la sonda geotérmica. Esta sonda que captura el calor, tiene un diámetro de 160 mm y una profundidad generalmente entre 80 y 100 metros. Este es un lugar técnico y presenta riesgos como por ejemplo la rotura de la herramienta lo que exige iniciar la perforación de nuevo en un otro lugar y la herramienta que se rompió permanece en el suelo.

La sonda geotérmica normalmente consta de cuatro tubos como se muestra en el diagrama con dos bucles para la captación de calor. También hay sondas geotérmicas que contienen un tubo de llenado hasta el fondo del pozo. Su



función será la de permitir la inyección de la cola desde el fondo del pozo. Esa cola debe conducir el calor desde el suelo hasta las tuberías. La experiencia ha demostrado que sin este tubo es posible que el pozo no se llene completamente. Existe, pues, una parte del pozo donde aire queda atrapado al fondo, reduciendo significativamente la eficiencia de su captación de calor debido al aislamiento del aire. Así que, si se compara el coste de la perforación y el bajo coste de la adición de un tubo de llenado, la inversión es muy rentable! Hablamos de 5 000 euros para un pozo de 100 metros.



**Figure 32 : Esquema de un pozo de geotermia antes de llenarlo.**

En la parte superior, los tubos de captación están todos conectados en paralelo a la bomba por un colector de entrada y otro de salida. Para tres pozos se necesita un colector de 6 carriles (2 tubos por sonda). La



bomba de circulación será de una potencia de unos 200W para tres pozos de 100 metros.

En cuanto al riesgo de congelación en el caso de perforación vertical, este riesgo se elimina por el hecho de que el agua está en movimiento, pero también por la presencia de glicol (33% del líquido) que disminuye la temperatura de solidificación de la mezcla.

Puede suceder que en algunos casos durante la perforación, el perforador se encuentre con agua, agua subterránea o una corriente subterránea. Esto es la situación ideal porque la cantidad de calorías disponibles y que podrá extraer es mucho mayor que en una perforación convencional. Por lo tanto, se recomienda a menudo traer un geólogo al lugar antes de empezar la perforación para determinar si el sótano dispone de una fuente o se encuentra por encima de un acuífero.

La superficie de un pozo vertical no es mayor que un cuadrado de 40cmx40cm y puede ser enterrada por completo debajo de hierba por ejemplo. Las perforaciones deben encontrarse por lo menos a unos 10 metros unas de otras para evitar las interferencias con la captación de calor. Y estos pozos se pueden localizar hasta 50 metros de la bomba de calor.

En general, se consigue cerca de 50 W / m de profundidad y el coste es entre 50 a 90 € por metro de profundidad.

El coste de la perforación es una inversión importante en el caso de la instalación de una bomba de calor geotérmica por captación vertical. Cabe señalar que las subvenciones principales son para la perforación y no para la compra de la bomba de calor. Esas subvenciones pueden cubrir hasta un 30% del precio de la perforación.

## 5.3 Captación de energía solar.

### ***5.3.1 Historia de la tecnología fotovoltaica.***

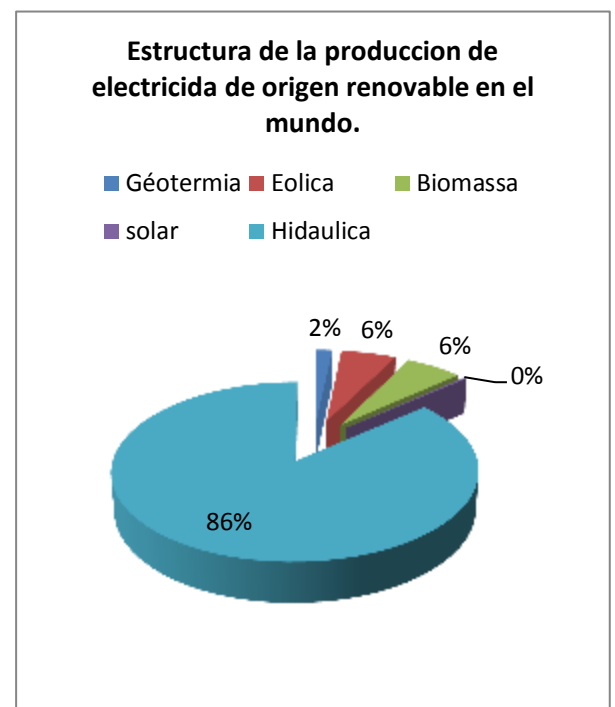
La producción de energía fotovoltaica se basa en el efecto fotovoltaico que equivale a un fenómeno de transformación de la energía solar en energía eléctrica. Es en 1839 cuando Antoine Becquerel (1788-1878) y su hijo Alexandre descubrieron a través de un experimento, que un grupo de elementos conductores (electrodos de platino y cobre

oxidado) sumergido en un baño electrolítico ácido podía producir electricidad como un pila, si se al sol.

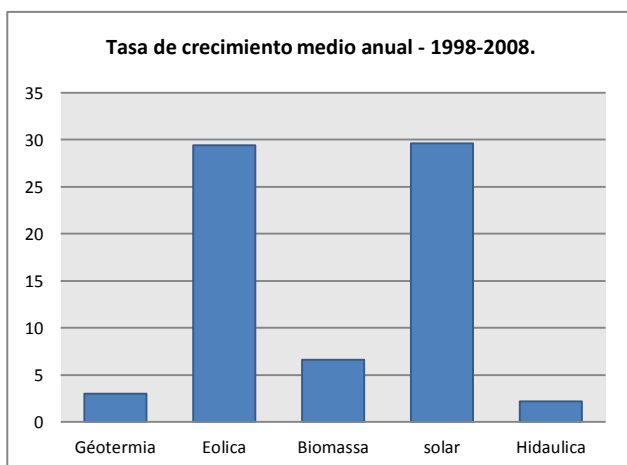
La luz se compone principalmente de fotones y cuando llegan a la pared de los semiconductores arrebatan electrones de los átomos que en lugar de crear un calentamiento como en un material normal, crea una tensión continua. Se nota también que la intensidad de la corriente eléctrica producida es proporcional a la intensidad de las radiaciones solares en los límites de los equipos estudiados.

### 5.3.2 Economía mundial de los paneles solares.

Como hemos visto previamente, un 67,6% de la energía mundial esta suministrada por energías fósiles mientras que la energía solar solo representa un 0,06%. La página web Observ'ER (responsable de hacer un seguimiento de las evoluciones de las energías renovables en Francia y el mundo) propone una descomposición de la producción de electricidad renovable. Así en 2008 como se ve en el grafico la gran mayoría de la electricidad se componía de Hidráulica. Asi las cifras son tan pequeñas que es difícil ver la evolución y la importancia de esas energías. Para eso vamos a estudiar la tasa de crecimiento medio por años de cada una de esas energías entre los años 1998 y 2008.



**Figure 33 : Distribución de la producción mundial de energía renovable.**



**Figure 34 : Tasa de crecimiento anual entre 1998 y 2008 para los diferentes medio de producción de energía renovable.**

La evolución de producción de electricidad de medios renovables está concentrada en dos medios principales que son el solar y la energía eólica. La mundialización de la industria de producción de esos medios ha permitido dinamizar este sector y sostener las innovaciones.

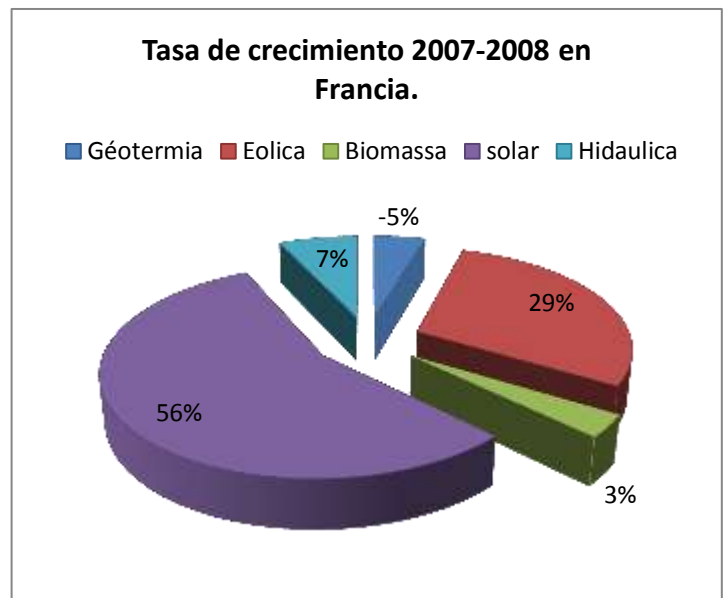
### 5.3.3 En Europa.

En Europa la producción solar está muy concentrada en el oeste (58,5%) de la producción mundial. Se destacan 4 países líderes en esa industria, Alemania (4TWh), España (2,5 TWh), Japón (2,3 TWh) y Estados Unidos (1,8TWh) representan un 87,9% de la producción mundial. Pero lo que tenemos que notar es la dinámica muy fuerte de crecimiento en Europa del Oeste con una tasa de crecimiento de 80,9% en 2007!

Este sector es muy dependiente de las decisiones en las políticas de ayudas económicas. Así en Francia la tasa de crecimiento medio anual es muy diferente de la tasa mundial como lo muestra el grafico. La decisión política de preferir la energía eólica a la producción solar se nota mucho pero este desequilibrio está a punto de cambiar con medidas como la fijación para 20 años del precio de compra de la electricidad producida por paneles solares que venden su producción a EDF.

Pero todavía el mercado no es sostenible por sí mismo, todavía cuesta dinero al estado que particulares instalen paneles solares. Para predecir cuando la electricidad solar será sostenible debemos comparar la bajada de los precios de producción con la subida del precio de electricidad. Esta comparación tiene que separar los clientes industriales de los particulares que tienen tarifas de compra diferentes de parte de EDF. La compra hoy a un particular se establece alrededor de 0,37 c€/kWh mientras que para explotaciones de tamaño industrial el precio de compra alcanza 0,20c€/kWh. He ido a visitar una instalación a menos de 5km de la vivienda que se compone 1100m<sup>2</sup> de paneles solares. Esta instalación es una de las primeras instaladas en la región por un agricultor. La tasa de retorno de inversión es de 12 años pero el dueño lo finanza sin inversión de capital porque tiene la posibilidad de tener préstamo de la cajas dedicadas a la agricultura con tasa muy bajas.

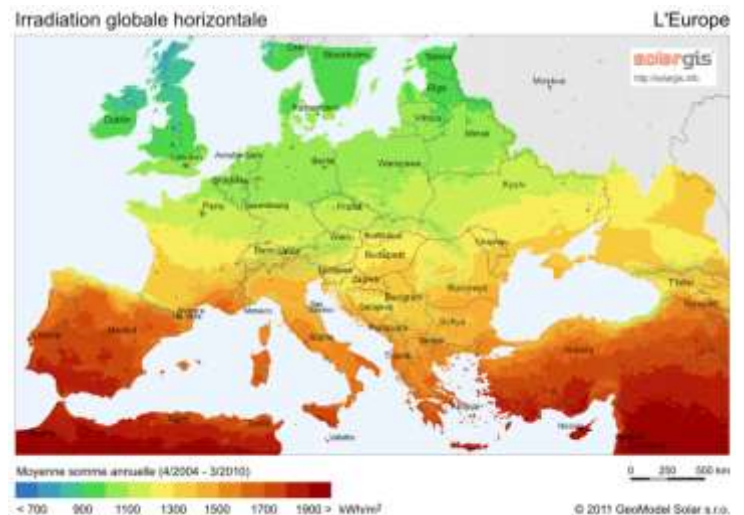
### 5.3.4 Radiación e irradiación.



**Figure 35 : Tasa de crecimiento entre 2007 -2008 en Francia para los diferentes medios de producción de energía renovable.**

El espectro de la radiación solar sobre la superficie de la tierra está compuesto de diferentes elementos. Las radiaciones directas vienen directamente del sol mientras que las radiaciones difusas tocan primero las nubes u otros objetos. La radiación global es la suma de esas componentes. Así la cantidad de energía disponible depende fuertemente de las condiciones meteorológicas y de las leyes astrológicas que determinan las temporadas y parte de la temperatura de la tierra.

Otro aspecto importante es la influencia de la localización de los paneles en el mundo. A continuación se presenta un mapa de Europa y de Francia con la suma media anual de la radiación horizontal en kWh/m<sup>2</sup>.



**Figure 36 : Mapa de la intensidad solar en Europa.**

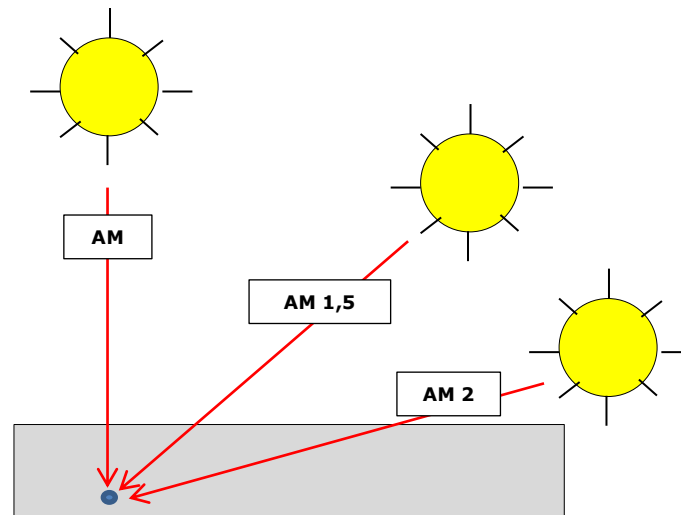
La vivienda se sitúa cerca de St Etienne en el centro de Francia así que se puede tener un 1425 kWh/m<sup>2</sup> de energía solar. Como referencia 1 litro de combustible para caldera corresponde una energía de 10kWh.



**Figure 37 : Mapa de la intensidad solar en Francia.**

Los fabricantes de paneles solares normalmente presentan las características de su producción en condiciones normales (STC: Standard Test Conditions). Esas condiciones son una radiación de 1000W/m<sup>2</sup>, una temperatura de 25°C y una inclinación de 1,5 AM (ver gráfico a continuación).

La inclinación se determina como lo muestra el gráfico a continuación.



Debemos después elegir la orientación del panel solar. Desde un punto de vista teórico, la mejor orientación es hacia el sur porque el sol tiene su mayor altitud cuando está orientado al sur.

Por ciento de cobertura solar.					
Orientacion del sol ->	Oeste	Sur-Oeste	Sur	Sur Este	Este
Inclinacion del panel					
<b>0°</b>	93%	93%	93%	93%	93%
<b>30°</b>	90%	96%	<b>100%</b>	96%	90%
<b>45°</b>	84%	92%	96%	92%	84%
<b>60°</b>	78%	88%	91%	88%	78%
<b>90°</b>	55%	66%	68%	66%	55%

Como lo muestra la tabla arriba, las condiciones ideales de orientación de un panel solar son hacia el sur con una inclinación de 30°. En esta tabla se olvida también que la tierra no tiene una trayectoria circular a rededor del sol sino elíptica. Este hecho nos hace considerar la evolución de la radiación durante los diferentes meses. El grafico abajo muestra que la mayor eficiencia en la captación de la radiación para un panel solar se sitúa entre 45 y 60°



### 5.3.5 Los diferentes tipos de celdas solares.


Las celdas fotovoltaicas pertenecen al sector de los componentes electrónicos de tipo semiconductores que, cuando la luz les activa, producen una tensión del orden de magnitud de 0,5V. Esas celdas se componen de semiconductores de silicio (Si), de sulfuro de cadmio (Cds) o de telurio de cadmio (CdTe). Las celdas se componen de tres grupos de importancia diferente. Se muestra abajo esos tres tipos con la importancia de cada uno en la producción mundial.

<u>Tipo de celda</u>	<u>Parte en la producción mundial.</u>
Mono cristalino	43,4%
poli cristalino	46,5%
de película delgada	10,1%

Pero se puede también clasificar las celdas por generación:

Primera generación:	- Silicio mono cristalino
	- Silicio poli cristalino
Segunda generación:	- Silicio amorfo (SiGe, SiC...)
	- mono cristalino compuesto (GaAS)
	- poli cristalino compuesto (CdS, CdTe, CuInGaSe <sub>2</sub> )
Tercera generación:	- Nanotecnologías
	- Quantum

Tipo de celda	Formas y color	Rendimiento	Duración	Utilización	Precio
Silicio mono cristal		12-18%	20-30 años	Aeroespacial	+++
Silicio poli cristal		11-15%	20-30 años	Producción doméstica y industrial	++

Silicio amorfo		6-8%	10 años	Calculadoras, relojes	+
Silicio compuestos	-	18-20%	20-30 años pero gran fragilidad	Aeroespacial	++++

La elección del tipo de celda debe hacerse en función del entorno. Así para los tres tipos de celdas, las celdas mono cristalinas tienen un mejor rendimiento, así debe ser elegido para las grandes instalaciones con una gran intensidad solar porque tiene su rendimiento importante solo en caso de gran intensidad, sino su rendimiento cae mucho.

Al contrario las celdas poli cristalinas producen menos bajo alta intensidad pero tiene un mejor rendimiento con una intensidad media.

### **5.3.6 Aplicación a la vivienda.**

#### **5.3.6.1 Estimation de la production**

La estimación de la producción se realiza mediante el software **Archelios**. Sólo se necesita saber la posición y orientación para calcular la producción probable de la instalación. Las estimaciones son 9 de cada 10 veces menor que la producción real para evitar sorpresas desagradables. Este cálculo lo tiene en cuenta el tipo de panel, el rendimiento del medio ambiente (por ejemplo, se puede agregar un árbol para tener en cuenta las sombras)... En el caso de la casa, se encuentra entre dos montañas al este y al oeste lo que retrasa la aparición del sol y adelanta su desaparición, lo que reduce la producción.

Los principales datos que se requieren son la latitud, longitud, y el modelo de panel solar.

A continuación se muestra la solución encontrada por el software Archelios para este proyecto.



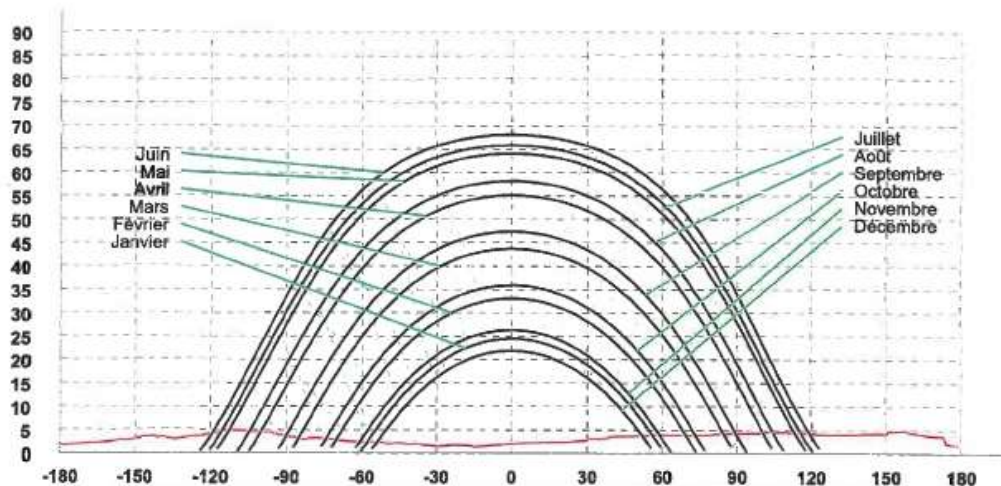
## Présentation du site :

Nom du site	ABRIAL
Latitude (°)	45.32
Longitude (°)	4.36
Altitude (en m)	866

## Référentiel météorologique :

Nom de la station	St, Etienne
Latitude (°)	45.53
Longitude (°)	4.30
Altitude (en m)	402
Albédo moyen	
- premier trimestre	0.20
- second trimestre	0.20
- troisième trimestre	0.20
- quatrième trimestre	0.20
Données annuelles	
Rayonnement direct (kWh/m2)	665.00
Rayonnement diffus (kWh/m2)	614.00
Irradiation Globale (kWh/m2)	1279.00

## Masques :



Gisement solaire annuel	
Global horizontal sans masque (kWh/m²/an)	1319
Global horizontal avec masque (kWh/m²/an)	1292
Facteur d'ombrage	0.98

Modèle de diffus : Hay et Davies

Facteur d'ombrage annuel = Gisement annuel avec masque / Gisement annuel sans masque

Origine des données météorologiques :

Données météorologiques issues du logiciel Meteonorm

Base de données Cythella



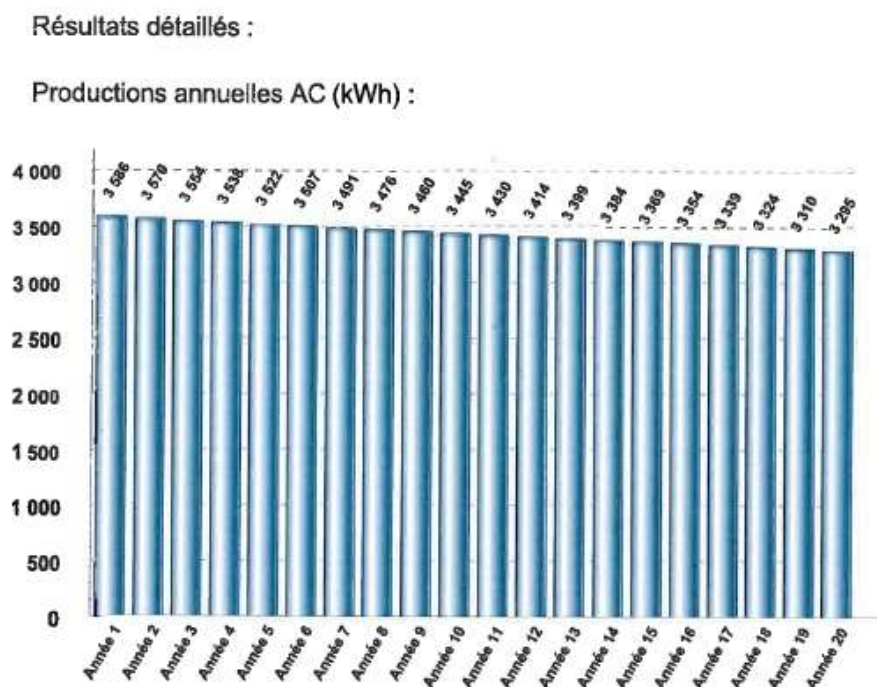
N'imprimez ce document que si cela est nécessaire, et si possible sur papier recyclé

Figure 38 : Resultado encontrado por el software Archelios para este proyecto.

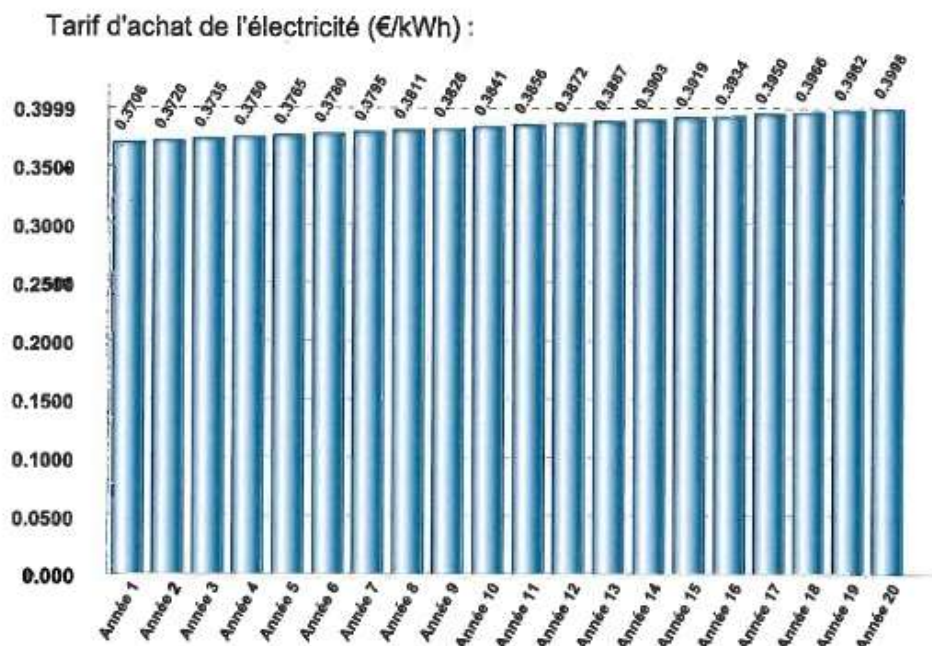
### 5.3.6.2 Coste de una instalación :

Como ya hemos visto el coste y la rentabilidad de una micro-planta se ven fuertemente afectados por la tarifa de compra de EDF. La compañía se ha comprometido a comprar energía eléctrica de la instalación solar al mismo precio durante 20 años (contrato). Estas tarifas están vinculadas a un índice INSEE (Instituto Nacional de Estadística y Estudios Económicos, *Institut national de la statistique et des études économiques*), lo que refleja el coste de las materias primas y el precio de la mano de obra en la industria, es en realidad el índice de la inflación en la industria. Este ajuste compensa en gran parte la pérdida de eficiencia de los paneles, lo que mantiene la generación de ingresos casi constante.

Esto lo calcula también en software Archelios:



**Figure 39 : Producción anual teniendo en cuenta la pérdida de eficiencia de los paneles solares.**



**Figure 40 : Prévión de la aumentación del precio de compra de la electricidad basada en la previón de inflación en la industria.**

El precio de compra dependerá también de la capacidad instalada, esta potencia siempre se cuenta en kW pico, lo que corresponde a la inyección máxima de corriente de los paneles solares en la red.

Potencia instalada	Tipo de contrato	Precio de compra por EDF.	Tasa de IVA	Es parte de los impuestos en las ganancias?
<b>0-3 kW</b>	Particular	0,37c€	7,7%	No
<b>3-6 kW</b>	Particular	0,37c€	19,6%	Si
<b>6-9 kW</b>	Particular	0,37c€	19,6%	Si
<b>&gt; 9kW</b>	industrial	0,20c€	-	Imposición empresarial

Como se puede ver arriba, hay un cambio importante en la rentabilidad entre 3kW y 6kW. La tasa de IVA cambia y las ganancias después de los 10 años cuentan en los impuestos sobre las ganancias (la tasa depende de las ganancias (salario + otras ganancias) de cada uno).

Pero hay un caso en el que la renta de la electricidad no se cuenta como ingresos, pero esto requiere que la casa sea propiedad de una empresa (SCI: *société civile immobilière*). Sólo entonces se puede

amortizar el coste de inversión del material, pero la empresa debe tener en sus estatutos el derecho de vender electricidad.

Dada la complejidad de la fiscalidad francesa y su rapidez de evolución, los principales fabricantes e instaladores de paneles solares han adquirido empresas de contabilidad. Ellos hacen las simulaciones para determinar la mejor solución (potencia a instalar). Con esos resultados solo hay que elegir la solución que maximice la rentabilidad del proyecto. Sin embargo, debe tener cuidado con estas situaciones, porque los contadores basan sus modelos en el sistema tributario actual, mientras que este está cambiando rápidamente y aún más en caso de cambio de mayoría política en la cabeza del país, como es el caso en Francia en 2012. Por ejemplo, el impuesto sobre las ganancias de capital no se limita a 15 años de uso, pero hasta 30 años hoy! Así si habían basados sus cálculos con la cifra de 15 años, la rentabilidad del proyecto sería mucho menor al final.

#### *5.3.6.3 Reducción de impuestos*

Si la inversión se realiza a través de una estructura de tipo SCI ("*société civile immobilière*"), es posible utilizar el crédito fiscal de hasta 8000€ para el material. Así, la reducción de impuestos será del 70% durante el período de amortización y luego volverá al 100%.

El crédito fiscal para un individuo tiene una tasa del 11%. Esta tasa se ha reducido drásticamente desde el año 2008 como la tasa de recompra. EDF ha sido superado por el número de unidades instaladas, no había previsto una democratización tan rápida de la energía solar. Sin embargo, esta tasa de crédito fiscal solo se aplica a las residencias primarias y no es el caso de esta casa. Por consiguiente, este crédito de impuesto no será considerado en la estimación del precio de la instalación.

Además existen normas que limitan la potencia instalable: para conseguir el crédito fiscal la producción no debe superar más de 2 veces el consumo anual.

#### *5.3.6.4 Impuestos de ganancias:*

La renta de una instalación de 3 kW no está sometida al impuesto, pero deben ser declarados. Por encima de esta potencia, están sujetos al

impuesto a la tasa personal del individuo como impuesto sobre la renta individual.

#### 5.3.6.5 Garantías

Las garantías son un punto crítico para este tipo de instalación que requiere una importante inversión. Hay cuatro garantías que suelen acompañar a una instalación solar.

Garantía del producto por el fabricante, que garantiza el equipo de 10 años. El fabricante garantiza también la eficiencia de los paneles por lo general 90% de la potencia inicial después de 10 años y el 80% de potencia inicial después de 20 años hasta 25 años para algunos de los fabricantes.

El punto importante aquí es que es el productor quién garantiza los paneles y muchas veces es más interesante trabajar con un gran fabricante menos sensible a las fluctuaciones de los mercados. Cabe señalar que incluso las empresas muy grandes como Q-Cell (líder en la fabricación de células solares) va a la quiebra, el mercado está cambiando muy rápido.

La tercera garantía implica el sellado de la cubierta. La adjudicación de contratos de recompra de energía solar por parte de EDF implica necesariamente que los paneles estén integrados en el techo, es decir, que los paneles deben sellar el techo. La empresa instaladora por lo tanto, cuenta con 10 años de garantía en el sellado del panel (asegurados por una compañía de seguros). Esta garantía cubre también la instalación del circuito eléctrico.

Por último, el convertidor tiene una garantía propia, el equipo está garantizado por un período de solo 5 años por los constructores porque es el elemento más débil de la instalación. La vida útil de un variador es bastante difícil de predecir, pero rara vez excede los 10 años. Así que los fabricantes ofrecen garantías extendidas de cinco, 10 o incluso 15 años. Sin embargo, se debe prestar atención a los precios de estas garantías, que pueden ser de hasta dos veces el precio del convertidor. Esto puede parecer rentable a lo largo de un período de 20 años, pero a menudo es más interesante elegir una garantía de 10 años. En efecto, existe una gran probabilidad de que el inversor falle durante este periodo por lo que será reemplazado por el fabricante (la mayoría de los instaladores de trabajar con la empresa SMA, el líder mundial) y por lo tanto, la instalación contará con un nuevo variador que podrá trabajar 10 años

más. Por último, algunas empresas instaladores garantizan los convertidores 20 años, tomando en cuenta en sus tarifas el coste de un segundo convertidor, aunque se debe comprobar la resistencia de estas empresas para asegurar que existirá en 15 años.

#### *5.3.6.6 Cambio del seguro de la casa.*

La adición de módulos de producción de energía solar en general ya está incluida en el seguro de hogar, o se puede agregar gratuitamente lo que significa que en ningún caso el contrato puede ser renegociado (no hay cambio en la tarifa). Se trata simplemente de un párrafo añadido al contrato existente. Este seguro cubre el riesgo de los paneles rotos en caso de granizo, porque incluso si los paneles están equipados con vidrios de seguridad, a veces piedras de granizo del tamaño de un huevo caen en la región y rompen los paneles de vidrio.

#### *5.3.6.7 Installation, schéma et type d'installations prévu adaptée à la maison.*

El diseño de la instalación tiene que empezar en el sitio de producción es decir el sitio de instalación de los paneles solares. Esos se situaran en el techo del garaje que será construido una vez las dimensiones necesarias para la producción solar se hayan fijado. Esas dependen de la potencia total que queramos instalar (entre 3kW y 9kW).

Después para la seguridad de la instalación y de las personas que viven en la vivienda, el circuito de corriente continua debe ser el más pequeño posible. Así el variador se situara en la granja del otro lado del muro al nivel de techo del garaje.



**Figure 41: proyecto del garaje en construcción.**

Luego hay que unir en derivación el convertidor hasta el contador EDF que estará instalado. Una vez el expediente aceptado por EDF. Un técnico vendrá para instalar en derivación un contador doble, un contador para medir la cantidad de energía eléctrica abastecida a la red y el contador de "no consumo" que, para que el contrato de reventa de electricidad sea válido, debe quedarse a cero durante toda duración del

contrato. La instalación de un contador da lugar a un abono de cerca de 50 euros por año que serán deducidos de la producción.

En el caso de la elección de una potencia de convertidor superior a 6kVA, es necesario hacer instalar el trifásico lo que supone también otro coste. En nuestro caso, el trifásico está ya instalado en la casa. Un convertidor de potencia de 6kVA puede soportar hasta una potencia de 7 kW pico abastecida por los paneles solares.

#### *5.3.6.8 La instalación.*

Para la instalación, la empresa instaladora va a empezar por quitar las tejas sobre la superficie que estará ocupada por los paneles solares. La empresa empieza entonces por poner una película de impermeabilidad que será mantenida por el armazón horizontal. La inmensa mayoría de los módulos son montados sobre carriles fijados sobre el armazón. Es aquí donde difieren las dos principales técnicas que aseguran la impermeabilidad. O bien los paneles que son fijados codo a codo y una banda plástica viene para recubrir el ribete. O bien los paneles se superponen como tejas, el primer traslapeo vertical y otro horizontal. Siendo dada la vida útil importante de los paneles es preferible escoger una impermeabilidad por traslapeo.

Un módulo generalmente hace 1,50m por 1m para una potencia de 185W. En el momento de la instalación hay que también asegurar la ventilación de los paneles, que son muy sensibles al calor. Su rendimiento baja fuertemente con el aumento de temperatura. Para maximizar la producción, será pues un punto a tomar en consideración. Pero en nuestro caso la altitud y las temperaturas moderadas del medio ambiente de la casa resuelven en parte este problema.

El convertidor debe estar colocado en un lugar seco y bien ventilado porque produce calor (los dos o tres porcientos de pérdida se disipan en calor).

Al contador existe una toma a la tierra, porque es obligatorio unir la tierra del sistema fotovoltaico con la de la casa.

#### *5.3.6.8.1 Types de panneaux*



La empresa Alt'énergie eligió como lema de marketing la calidad de sus módulos y la trazabilidad. En efecto mucho módulo son ensamblados por empresas que solo ensamblan sus paneles en Europa pero hacen venir componentes de china y de en cualquier otra parte del mundo sin que se pueda tener una trazabilidad. Así, la empresa AléoSolar, filial del conglomerado alemán Bosch trabaja con un fabricante único de celdas fotovoltaicas cuyo grupo Bosch es también propietario. Este conglomerado ensambla sus paneles solares en Francia en su fábrica de Vénicieux.

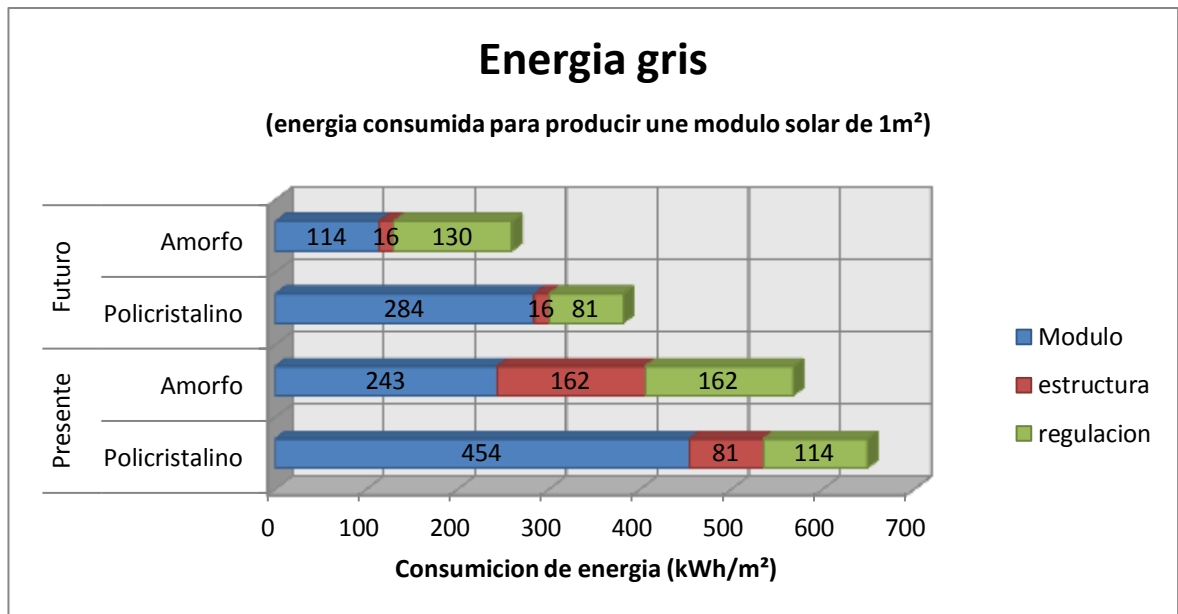
Según la experiencia de los instaladores podemos decir que si un panel solar no tiene problema en los dos primeros años de su vida, es muy probable que no tenga uno antes del fin de su vida. Los únicos defectos durante el fin de vida conciernen las juntas que al cabo de 20-30 años comienzan a huir.

Ciertos rendimientos de superficie dados por los constructores pueden ser adelantados como una ventaja competitiva pero este mejor rendimiento tiene solamente un interés para personas cuya superficie de tejado es limitada. Todos los kit propuesto por los fabricantes son de la misma potencia. Hay pues que tener cuidado para no pagar más caro un mejor rendimiento de superficie que no tendría ninguna utilidad en nuestro caso.

#### *5.3.6.8.1.1 Loire énergie*

Esa empresa trabaja con una empresa de construcción de paneles francesas (OverSun). OverSun está comprometido en un reciclaje de los paneles solares al final de su vida, es uno de los raros actores del circuito que pone esto adelante en un sector donde se comercializa medios de producción de energía "verde". Se desarrolla hoy en día estudios enfocados en el cálculo de la energía gris, es decir la energía necesaria para construir un panel solar como lo muestra el grafico a continuación, la posibilidad de progresión es enorme. Dentro de diez años se reducirá la energía gastada de mitad, lo que contribuirá también a reducir el precio de producción y de venta.





**Figure 42 : Evolución de la Energía Gris para la producción de paneles solares.**

La impermeabilidad es asegurada por traslapo. Proponen también una elección de color: rojo, verde o negro. Utilizan celdas de Taiwán de tipo semiconductor y no celdas construidas a partir de silicio metalúrgico como la competencia. Las conexiones entre las celdas no son hechas en lo alto de los paneles como en la mayoría de los competidores sino en la zaga del panel lo que les permite tener un mejor rendimiento de superficie. Así con este tipo de panel, para una potencia instalada de 3kW la superficie ocupada es de 19m<sup>2</sup> (característica que no es útil para nosotros al tener una grande superficie de techo).

El espesor de los paneles se ha reducido mucho estos últimos años, hoy la mayoría no sobrepasan cuatro centímetros. Esta empresa es también tenedora de la acreditación QualiPV sobre la cual la empresa es controlada cada año sobre sus obras al azar. Esa acreditación asegura la calidad de las instalaciones así como la salud de la empresa.

#### 5.3.6.8.2 El convertidor

Dos elecciones son propuestas, un convertidor italiano PowerOne que tiene la mejor relación calidad/precio y el producto del líder mundial, SMA que es un poco más caro. La diferencia de precio está del orden del 15 % del precio de compra para rendimientos idénticos. Un convertidor hoy vale 1200€.(Apéndice XXX)



**Figure 43 :  
Convertidor SMA  
3000 TL.**

Para el convertidor SMA, existen dos modelos para las potencias genéricas de 3; 6 y 9kW. Una versión TL que presenta los resultados de producción diaria con un historial sobre los 16 últimos días en una pequeña pantalla. Al contrario el SB tiene una pantalla reducida. Es también posible con el modelo TL de unir la instalación con un monitor en la casa por Bluetooth con el fin de seguir el seguimiento del funcionamiento de la instalación.

El convertidor debe estar conforme con la protección de desacoplamiento "DIN VDE". Es una vigilancia del convertidor de la presencia de tensión en la red con el fin de parar la inyección de energía eléctrica en la red en caso de ausencia de tensión. Es obligatorio para proteger al técnico EDF que trabajaría en la línea porque aunque corten la red río arriba, la parte de abajo podría abastecer corriente y así poner en peligro al técnico. En aquel caso el ondulador abre el circuito. Se queda sin embargo una tensión sobre el circuito continua desde los paneles solares hasta el convertidor.

Las pérdidas en un convertidor no sobre pasan el 2 %, y en la red local las pérdidas se quedan bajo el 1 % de la potencia total.

#### 5.3.6.8.3 Cofrecitos eléctricos :

Los cofrecitos eléctricos utilizados son genéricos lo que permite bajar el coste de la instalación. En efecto la seguridad de la instalación es asegurada por dos disyuntores diferenciales, uno sobre el circuito continuo y otro sobre el circuito alternativo. ABB es a menudo escogido en el caso

de AléoSolar. En el caso de Bosch, su oficina de proyectos abastece un kit ya dimensionado para nuestra instalación con la elección de los elementos ya hecha lo que asegura la coherencia del conjunto porque el "sourcing" tiene sus límites.

#### *5.3.6.9 Evolucion futura de los precios en el mercado.*

El mercado se ha derrumbado completamente porque se ha pasado de un precio de recompra de 0,58c€/kWh a 0,37c€/kWh. Además el crédito de impuesto pasó del 50 % al 11 % de los impuestos. Sin embargo estamos a niveles de rentabilidad idénticos porque el precio de compra del material bajó mucho. Así el retorno sobre inversión se quedó a más o menos 10 años. Por ejemplo la evolución de los precios de un sistema de 3kW fue de 18 000€ en 2006 hasta bajar a 11 000€.

Las tarifas son indizadas sobre un indice INSEE (INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y DE ESTUDIOS ECONÓMICOS) que tiene en cuenta el coste de las materias primas y de la mano de obra en la industria. Así la revalorización compensará más o menos la pérdida de eficacia de los paneles solares.

Sin embargo el riesgo es menos remunerador hoy porque estamos más próximos de 1200€ de producción al año mientras que antes era más cerca de 1600€ al año.

#### *5.3.6.10 Proceso administrativo:*

Cuando la demanda en Ayuntamiento está sometida (DP: Demanda Previa), la empresa instaladora se ocupa de hacer la demanda de conexión a EDF. Esta última nos envía entonces una propuesta que tenemos tres meses para aceptar. Hacer esta demanda cerca de EDF temprano nos permite bloquear el precio de recompra que disminuye a la baja cada tres meses, este año los cambios se efectuarán en junio de 2012, septiembre de 2012 y diciembre de 2012. La conformidad de la instalación propuesta por la empresa instaladora debe ser verificada por el gabinete "**Consuelle**" antes de pedir una propuesta a EDF. Para poder tener derecho a tal contrato hace falta sin embargo que la empresa productora de paneles solares esté reconocida y registrada por el estado como productora de módulos en integración al edificio. Esa reconocimiento es

una condición sine qua non para obtener una tarifa de recompra interesante (es el organismo CSTB quién elabora esta lista).

La conexión de EDF para la subida de energía tiene un coste que varía entre 500 € y 1 000 €. Conviene pues tener cuidado con que este coste sea incluido en los presupuestos presentados por las empresas.

#### *5.3.6.11 Financiamiento :*

Ciertas empresas proponen una financiación para los proyectos. A menudo forman parte o son asociadas con grandes grupos como EDF que colocó una red de instalador llamada " ciel bleu". La gruesa ventaja de esta colaboración es la utilización de la fuerza financiera de un gran grupo que puede financiarse sobre los mercados a tasas mucho más bajas de lo que podría hacerlo un individuo en un banco. En efecto estos instaladores son los únicos que proponen auto - financiación para este tipo de proyecto. Así como el riesgo es mínimo (la producción de energía es relativamente fiable y las garantías están allí para disminuir todavía este riesgo), EDF propone por una filial llamada *Domo Finance* un préstamo modulable a tasa baja. Es decir que contrariamente a un préstamo bancario, se puede saldar, hacer reembolsos con anticipación y modificar los vencimientos. Generalmente escogemos un contrato de una duración de 10 años porque es más o menos el tiempo de retorno sobre inversión. Tal duración permitirá no tener que adelantar dinero.

La empresa propone también como gesto comercial al individuo pagar una parte de los intereses de su préstamo aquí el 20% de los intereses.

Otra ventaja propuesta es el aplazamiento del pago de los 6 primeros meses. En efecto el pago de EDF para la producción interviene sólo a fines del año. De este hecho sin aplazamiento, el individuo debería adelantar doce mensualidades de su préstamo es decir 3 200€ antes de recibir el pago de su producción. Para evitar que este adelanto de capital disuada a clientes, han puesto este aplazamiento de pago de 6 meses, lo que le permitirá al individuo solo tener que adelantar el pago de la mitad de la suma.

La tabla más abajo describe el detalle del préstamo concedido por la sociedad *Domo Finance*:

<b>Financement proposé par la société Domo</b>
--

<b>Finance (EDF).</b>	
Total du crédit	<b>24 000€</b>
Frais de dossier	0€
Taux indicatif	4,60%
TAEG	4,70%
Report	180 jours
Mensualité	254,72€
Mensualité totale avec assurance	273,64€
Montant annuel	3 000,56€
Nombre de mensualité	120 mois
Cout total d'assurance facultative	2 280€
Intérêt pris en charge par l'installateur	1 143€
Intérêt total	6 566€
<b>Montant total</b>	<b>30 566€</b>

Hay que anotar que el importe del préstamo es muy superior a la inversión. Sin embargo hablamos aquí de una duración de 10 años, por lo que la inflación tiene que ser tomada en consideración. Calculemos el dinero necesario para comprar el valor de 24 000€ al cabo de 10 años con una inflación del 1, 2 y 3 %.

Dentro de  $n$  años, para hacer una compra de valor  $X$  hoy se necesitara  $X_n$  dinero como lo muestra la formula abajo:

$$X_n = X * (1 + \text{tasa de inflacion})^n$$

<b>Después de 10 anos</b>			
<b>Precio de inversión</b>	<b>inflación 1%</b>	<b>inflación 2%</b>	<b>inflación 3%</b>
24 000 €	26 510 €	29 255 €	32 253 €

Este análisis en sí mismo no vale nada porque la mayoría de las personas no queda su dinero dormir. En Francia existe un tipo de cuenta bancaria llamado "Livret A" este tiene una tasa de interés fijado por la banca central francesa. Hoy la tasa es 2,25%.

<b>Evolución del capital del « Livret A » (2,25%)</b>	
Capital inicial	Al cabo de 10 años.
24 000 €	29 980 €

## **6 DISEÑO DE LA INSTALACIÓN COMPLETA.**

La elección de cortarse de la red es una etapa importante para el futuro de la vivienda. Hoy en día la vivienda tiene como contrato con EDF un contrato especial que se llama "EJP", un contrato viejo muy interesante especialmente para las residencias secundarias. Este contrato sirve a EDF de contrato de regulación de los días de punta porque durante 22 días al año el cliente paga la electricidad diez veces más cara que su precio de base pero los otros días del año, el precio de la electricidad es casi la mitad de lo que pagan los otros clientes.

Este tipo de contrato hoy no está propuesto porque EDF no hace beneficios. Así para guardarlo hay unas reglas que no romper: el contrato no tiene que cambiar de nombre, tampoco se puede cambiar la potencia disponible.

Como es una residencia secundaria, la mayoría de los días llamados "rojos" no se utiliza la casa especialmente en invierno. Este sistema de reducción de la consumición tiene su interés en invierno para EDF que no tiene que comprar energía a los países cercanos o encender plantas de soporte (generalmente las de petróleo para Francia) para suministrar energía en dos días punta. Así casi todos los días "rojos" son en invierno cuando la demanda en calentamiento es alta. En este periodo la casa se utiliza poco y si acaso hay unos días "rojos" en seguida, la casa puede casi funcionar solo con las dos chimeneas tradicionales.

Así se puede entender que el propietario no quiere realmente cortarse de la red y perder este contrato que hoy le permite pagar solo 3000 € al año, el calentamiento de la piscina incluido.

La consumición también tiene que ser adaptada si cambiamos los medios de producción. Pero con la reflexión anterior es poco probable de cortarse de la red. La vivienda será virtualmente a energía positiva es decir que con los paneles solares, la casa producirá más energía en un año que la que consume como funciona solo unos meses al año y la producción es posible durante todo el año!

La otra opción consiste en instalar un sistema autónomo es decir capacidades de almacenamiento, una parte eléctrica de regulación de

tensión e intensidad y de conversión... Este tipo de instalación solo se instala si no hay la red eléctrica disponible porque de una parte si se consume la energía producida no se puede vender el resto a EDF (prohibido) y de otra parte la inversión es muy superior debido al material necesario. Por eso todos los profesionales me han aconsejado guardar el contrato especial con EJP y vender la energía producida a EDF si se trata de energía solar o de energía hidráulica, sino utilizar una bomba de calor para calentar la casa y así bajar la energía consumida.

## **7 ANALISIS DE RESULTADOS**

### **7.1 Análisis coste-beneficio.**

Como lo hemos visto se trata para tal inverso de una tasa de retorno de más de 10 años. Se suele trabajar en el mundo industrial con tasa de retorno más largo pero se debe tener en cuenta que si la tasa es más largo es que cada año la empresa debe hacer beneficios lo que no es el caso de un particular, la mayoría de la personas preferirían pagar primero el préstamo para no pagar demasiados intereses. Así esta tasa no es tan buena pero si la comparamos al periodo de producción garantizado por el constructor, esta inversión es buena.

La tasa de retorno crítica se sitúa alrededor de 10 años, es decir que si la tasa baja hasta solo 10 años, la inversión sería muy rentable y el número de instalaciones subiría muy rápidamente. Es la razón por la cual EDF baja las tarifas de compra para mantener poco rentable la instalación de paneles y perder el menos dinero posible sin destruir el crecimiento del sector.

Al final el producto propuesto para la vivienda es rentable y bastante bien garantizado, especialmente desde que el constructor de paneles fotovoltaicos AuverSUN ha sido comprado por el grupo TOTAL, lo que garantiza la larga vida de la empresa (un punto llave del sector).

### **7.2 Ventajas e inconvenientes del cambio.**

Al final con todas las informaciones reunidas es bastante claro que el único cambio rentable sería aprovechar la energía solar con paneles fotovoltaicos. Es cierto que hoy este inverso sería rentable pero lo que

tiene que decidir el propietario es de hacer la inversión ahora o dentro de unos años cuando el precio de producción disminuiría.

Tuve la oportunidad de hablar al final de mi proyecto con un inversor de la industria fotovoltaica (desde 1MW de potencia = 200 000 € todo incluido), que planifica una aumentación de sus actividades importante en los próximos años. Otro indicador es la compra de empresas del sector de medio tamaño por los gigantes energéticos como TOTAL o SHELL lo que muestra que la tecnología casi está a madurez. Porque las grandes empresas no compran empresas en un sector si la tecnología no está a madurez.

En el caso de la vivienda, añadir paneles fotovoltaicos dará la posibilidad de alcanzar un balance positivo de energía, es decir que los paneles producirán más energía eléctrica que la consumida.

Este cambio es bastante fácil a hacer porque las empresas instaladoras se ocupan de todo, desde los actos oficiales hasta la certificación de la instalación. Solo es necesario tener el edificio construido.

El primero inconveniente es la belleza del lugar, los paneles son de color negro lo que impacta la atmosfera de vieja granja tradicional que se puede sentir hoy cerca de la vivienda.

El segundo es el mantenimiento necesario, si los constructores de paneles dicen que no está necesario ningún tipo de mantenimiento, la verdad es que si se desea producir al máximo de potencia, es necesario limpiar los paneles especialmente si hay polvo en el ambiente de la vivienda, por ejemplo cuando se cortan la hierba para los animales para el invierno.

**Para concluir en una frase, la proposición es rentable pero requiere un mínimo de implicación por parte del dueño.**

Si en el mundo las energías renovables empiezan a crecer, se nota que la razón que limite el crecimiento de ellas es la falta de real rentabilidad hoy en día. Es la razón por la cual la empresa consultora Mc Kinsey ha previsto un fuerte crecimiento del sector dentro de 10 años y no antes.



## **8 ETAPAS Y PRESUPUESTO DEL PROYECTO FIN DE CARRERA**

### **8.1 Presupuesto.**

Abajo, el presupuesto del PFC. Solo se compone de un viaje de tren para visitar dos empresas en Francia (St Etienne y Lyon). Los otros costes no son relevantes, incluyen llamadas telefónicas o viajes cortos.



**UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID**

**Escuela Politécnica Superior**

**PRESUPUESTO DE PROYECTO**

**1.- Autor: ABRIAL Mathieu**

**2.- Departamento: INGENIERA TÉRMICA Y DE FLUIDOS.**

**3.- Descripción del Proyecto:**

- Título	Cambio necesarios en una vivienda para conseguir la autonomía energética
- Duración (meses)	7 meses

**4.- Desglose presupuestario (costes directos)**

#### **OTROS COSTES DIRECTOS DEL PROYECTO<sup>e)</sup>**

Descripción	Empresa	Costes imputable
Tren (Paris->St Etienne) x2	SNCF	240 €
Tren (Paris-> Lyon)	SNCF	110 €
Coche (2 días + 300km)	AVIS	100 €

**450 €**

<sup>e)</sup> Este capítulo de gastos incluye todos los gastos no contemplados en los conceptos anteriores, por ejemplo: fungible, viajes y dietas, otros,...

**5.- Resumen de costes**

Presupuesto Costes Totales	Presupuesto Costes Totales
Personal	0
Amortización	0
Subcontratación de tareas	0
Costes de funcionamiento	450 €
Costes Indirectos	0
<b>Total</b>	<b>450 €</b>

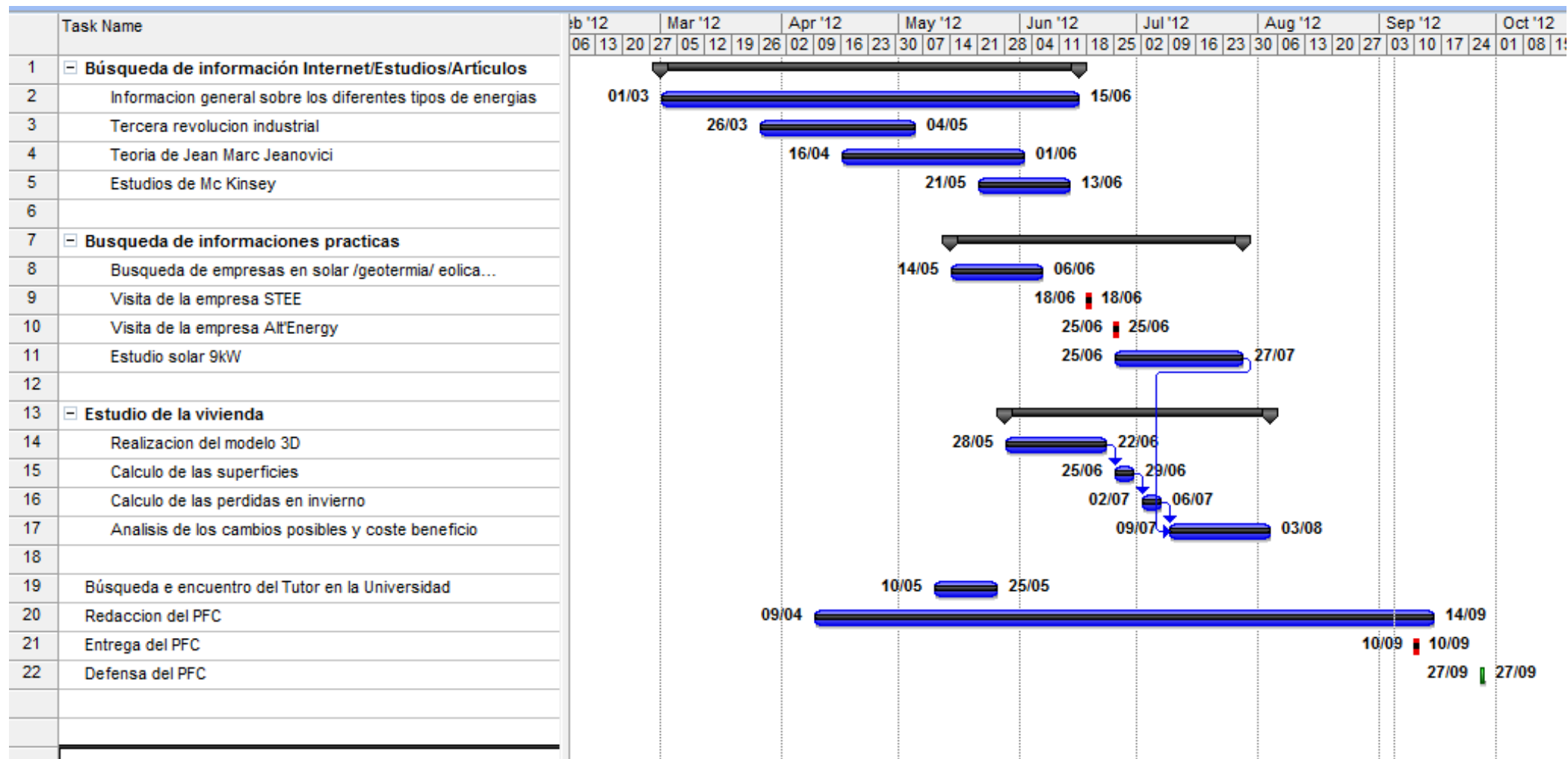


Figure 44 : Diagrama Gantt del proyecto.

## 9 REFERENCIAS

### Teoria

1. *Fuel cell and Hydrogen technology in Europe, Financial and technology outlook on the European sector ambition 2014-2020*, New energy World IG.
2. *La troisième révolution industrielle*, Jeremy Rifkin.
3. *Changer le monde, tout un programme*, Jean Marc Jeancovici.
4. D. Yerging, *les hommes du pétrole*, trad. Fr. de J. Rosenthal, Paris, Stock, t II, 1992.
5. U.S. Energy Information Administration (EIA) Independent Statistic and analysis, "weekly All Countries Spot Price FOC Weighted by Estimated Export Volumes (Dollars per barrel).
6. Banque mondiale, Croissance du PIB (pourcentage annuels), <<http://data.worldbank.org/indicator>>
7. J. D. Edwards, 14 mars 2002, Twenty first century Energy: transition from Fossil Fuel to Renewable, University of Colorado, Department of geological Sciences.
8. B.W. Sue, *Employment Outlook, 2000-2010: The US Economy to 2010*, Whashingto, DC, Bureau of Labor Statistic 2001 <<http://www.bls.gov/opub/mlr/2001/11/art1full.pdf>>
9. United State Federal Reserve, *Flow of Funds Accounts of the United States: Flow of Outstandings third quarter 2008*, Washington DC.
10. M. Jarraud y A. Steiner, "Avant propos" en GIEC, bilan 2007 des changements climatiques :rapport de synthèse, Valence (Espana), Groupe d'expert intergouvernemental sur l'évolution du climat 2007.
11. J. Houghton, *Global Warming : the complete briefing*, 2° ed, Cambridge University Press, 1997.
12. J. Rankin, "EU must spent 1 trillion on Electricity grid", *European Voice*, 30 September 2010, <<http://www.europeanvoice.com/article/2010/09/electricity-grid-system-need-1-trillion-investment-/69073.aspx>>
13. Q-Cell, "Global prospect of the Solar Power Station Market: Harness the sun energy" 2010, <[http://www.q-cell.com/en/systemmarket\\_potential/index.html](http://www.q-cell.com/en/systemmarket_potential/index.html)>

14. Association européenne des industries photovoltaïques[EPIA], Global Market Outlook for Photovoltaics until 2013, Bruxelles, EPIA, avril 2009.
15. Association européenne de l'énergie éolienne [EWEA], EWEA : FactSheets, 2010, <<http://www.epia.org/index.php?id=1611>>
16. D. Dixon, Assessment of Waterpower potential and development needs, Palo Alto, CA, Electric Power research institute 2007.
17. MIT, The future of geothermal energy: impact of Enhanced Geothermal system(EGS) on the United States in the 21<sup>st</sup> century, Idaho Falls, ID.
18. Nuclear Power in France, World nuclear association, 17 Décembre 2010, <<http://world-nuclear.org/infi/default.aspx?id=330&items=france>>.

### Geothermia

19. <http://www.planete-energies.com/total/fr/geothermie/principe-de-fonctionnement-de-la-geothermie.php>
20. [http://www.leuromag.com/geothermie-principe-et-fonctionnement\\_a6185.html](http://www.leuromag.com/geothermie-principe-et-fonctionnement_a6185.html)
21. [http://www.xpair.com/lexique/definition/fonctionnement\\_de\\_la\\_geothermie.htm](http://www.xpair.com/lexique/definition/fonctionnement_de_la_geothermie.htm)
22. <http://www.fnh.org/naturoscope/Energie/Geothermie/Geot8.htm>

### Solar

23. [fr.wikipedia.org/wiki/Cellule\\_photovoltaique](http://fr.wikipedia.org/wiki/Cellule_photovoltaique)
24. [www.ubbinksolaire.com/Principe-du-photovoltaique.html](http://www.ubbinksolaire.com/Principe-du-photovoltaique.html)
25. [www.cea.fr/content/download/3147/14983/file/encadred.pdf](http://www.cea.fr/content/download/3147/14983/file/encadred.pdf)
26. [connaissancedesenergies.org/fiche.../solaire-photovoltaique](http://connaissancedesenergies.org/fiche.../solaire-photovoltaique)
27. [www.sunh2o.fr/cellule\\_photovoltaique.html](http://www.sunh2o.fr/cellule_photovoltaique.html)
28. [www.auversun.com/](http://www.auversun.com/)

### Eólica

29. [fr.wikipedia.org/wiki/Éolienne](http://fr.wikipedia.org/wiki/Éolienne)

- 30. <http://www.les-energies-renouvelables.eu/principe-de-fonctionnement-de-lenergie-eolienne.html>
- 31. <http://www.youtube.com/watch?v=BIMdM9ZeJgE>
- 32. [www.energieeolienne.fr/fonctionnement/fonctionnement.htm](http://www.energieeolienne.fr/fonctionnement/fonctionnement.htm)

### Hidráulica

- 33. [www.envinergy-transactions.com/](http://www.envinergy-transactions.com/)
- 34. [www.etapenergie.com/microcentrale.html](http://www.etapenergie.com/microcentrale.html)
- 35. [www.etapenergie.com/microcentrale.html](http://www.etapenergie.com/microcentrale.html)
- 36. <http://www.onpeutlefaire.com/forum/topic/3470-micro-centrale-hydroelectrique/>

### Calculo de las perdidas

- 37. [http://www.thermexcel.com/french/ressourc/calcul\\_deperdition\\_n\\_calculs\\_deperditions.htm](http://www.thermexcel.com/french/ressourc/calcul_deperdition_n_calculs_deperditions.htm)
- 38. <http://www.easytairm.com/accueil.php>
- 39. <http://michel.hubin.pagesperso-orange.fr/solaire/isolation.htm>

## 10 ANEXOS

### 10.1 ANEXOS 1: Tablas de cálculo de las pérdidas energéticas en la vivienda.

Tabla 1: cálculo de  $1/h_e + 1/h_i$ .

tableau A terme  $1/h_e + 1/h_i$

sens du flux de chaleur	vers l'extérieur	vers un local non chauffé
à travers un mur (horizontal)	0.17	0.22
vers le haut (plafond)	0.14	0.18
vers le bas (plancher)	0.22	0.34

Tabla 2: Resistencias térmicas de los materiales usuales.

tableau B résistances thermiques de matériaux courants en fonction de leurs dimensions

brique pleine	e(cm) 5.5	10.5	21.5	33			
	R 0.05	0.09	0.20	0.30			
brique creuse	e (cm) 5	7.5	10	12.5	15	17.5	2.
	R 0.10	0.16	0.20	0.27	0.30	0.33	0.39
béton banché	e (cm) 10	15	20	25			
	R 0.06	0.09	0.12	0.15			
enduit :	e (cm) 1	1.5					
plâtre	R 0.03	0.04					
ciment	R 0.008	0.01					
pierre:	e (cm) 40	45	50	55			
granite	R	0.12	0.14	0.16			
calcaire	R 0.28	0.33	0.35	0.38			
parpaings creux	e (cm) 7.5	10	12.5	15	17.5	20	22.5
	R 0.07	0.09	0.10	0.14	0.16	0.19	0.24
hourdis :	e (cm) 8	12	16	20	25	30	
béton	R	0.11	0.13	0.15	0.25	0.28	
terre cuite	R 0.11	0.14	0.23	0.26	0.35	0.40	
isolant	e (cm) 4	6	8	10			
	R 0.97	1.46	1.95	2.44			
carreau de plâtre	e (cm) 5	7					
	R 0.14	0.20					
lame d'air non ventilée	e (mm) 5 à 7	7 à 9	9 à 11	11 à 13	14 à 24	25 à 50	>50
	R 0.11	0.13	0.14	0.15	0.16	0.16	0.16

sous sol sans isolation			
coef K du plancher	0.55	1.30	2.75
peu enterré, peu ventilé coef t	0.85	0.75	0.60
ventilé	0.90	0.80	0.65
très enterré, peu ventilé	0.55	0.35	0.20
ventilé	0.65	0.45	0.30
vide sanitaire			
coef K du plancher	0.55	1.30	2.75
ventilation nulle	0.70	0.50	0.30
très faible	0.75	0.55	0.35
faible	0.85	0.70	0.50
forte	1	1	1
comble sans isolation sous toiture			
coefficient K du plancher	0.60	1.40	2.60
ventilation forte	1	1	1
faible	0.95	0.90	0.85
très faible	0.95	0.85	0.75

description	menuiserie	coef K sans volets	coef K avec volets
fenêtre simple vitrage	bois	5 (en W/m <sup>2</sup> C)	3.7
	métal	5.8	4.2
double vitrage (5 à 7 mm air)	bois	3.3	2.6
	métal	4.0	3.1
double vitrage (7 à 9 mm)	bois	3.1	2.5
	métal	3.9	3.0
porte opaque	bois	3.5	
	métal	5.8	
porte simple vitrage	bois	4.5	
	métal	5.8	
porte double vitrage	bois	3.3	
	métal	4.0	

## 10.2 ANEXOS 2 : Diseño del sistema fotovoltaico con el software Archelios.

# Rapport de dimensionnement de système photovoltaïque

Projet : PHOTOVOLTAIQUE ABRIAL

Adresse : rue des fougères  
42660 Jonzieux



N'imprimez ce document que si cela est nécessaire, et si possible sur papier recyclé



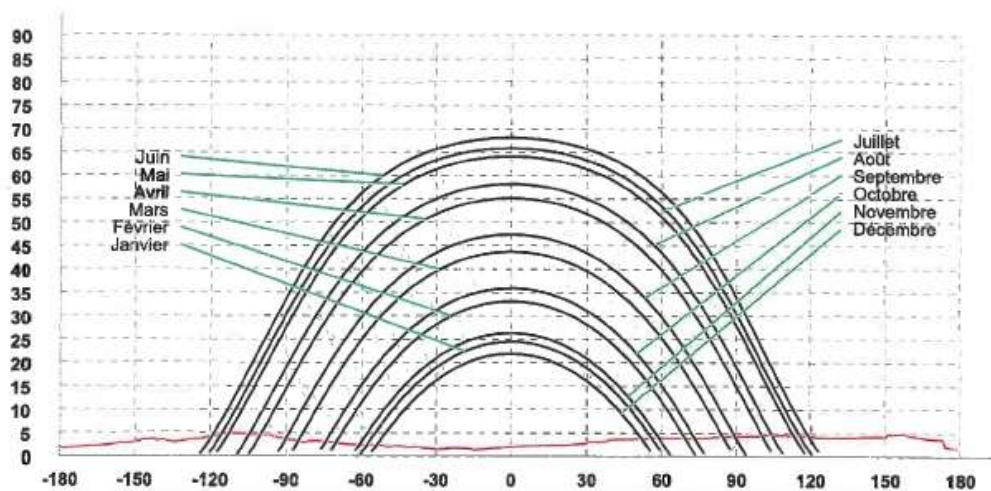
## Présentation du site :

Nom du site	ABRIAL
Latitude (°)	45.32
Longitude (°)	4.36
Altitude (en m)	866

## Référentiel météorologique :

Nom de la station	St, Etienne
Latitude (°)	45.53
Longitude (°)	4.30
Altitude (en m)	402
Albédo moyen	
- premier trimestre	0.20
- second trimestre	0.20
- troisième trimestre	0.20
- quatrième trimestre	0.20
Données annuelles	
Rayonnement direct (kWh/m <sup>2</sup> )	665.00
Rayonnement diffus (kWh/m <sup>2</sup> )	614.00
Irradiation Globale (kWh/m <sup>2</sup> )	1279.00

## Masques :



Gisement solaire annuel	
Global horizontal sans masque (kWh/m <sup>2</sup> /an)	1319
Global horizontal avec masque (kWh/m <sup>2</sup> /an)	1292
Facteur d'ombrage	0.98

Modèle de diffus : Hay et Davies

Facteur d'ombrage annuel = Gisement annuel avec masque / Gisement annuel sans masque

Origine des données météorologiques :

Données météorologiques issues du logiciel Meteonorm

Base de données Cythella



N'imprimez ce document que si cela est nécessaire, et si possible sur papier recyclé

## Description du champ PV numéro 1

<b>Nom du champ</b>	3 kwc
<b>Modules</b>	
- Fabricant	Inconnu
- Modèle	AUVERSUN 250 WC MONO
- Technologie	a-Si : H (single)
- Puissance STC (Wc)	250.0
- Vpmax (V)	31.1
- Icc (A)	8.74
- Rendement STC (%)	14.8
- Nombre	12
- Modules en série	4
- Branches en parallèle	3
- Puissance installée (kWc)	3.00
- Surface (m²)	20.1
- Masse surfacique (kg/m²)	11.1
- Masse totale (kg)	225.6
<b>Onduleur</b>	
- Fabricant	SMA
- Modèle	SMA - SB 3000TL-20
- Puissance nominale (W)	3 200
- Tension d'entrée maximale (V)	550
- Nombre d'onduleurs	1
- Puissance totale (kW)	3.2
- Rendement maximum (%)	97
- Rendement européen (%)	96
<b>Geométrie</b>	
- Longueur (m)	6.79
- Largeur (m)	3.00
- Espacement horizontal (mm)	0
- Espacement vertical (mm)	0
- Abergement horizontal (mm)	10
- Abergement vertical (mm)	11
Type de suivi :	Fixe
Orientation (°):	15
Inclinaison (°):	30

Hypothèses de dégradation du champ :

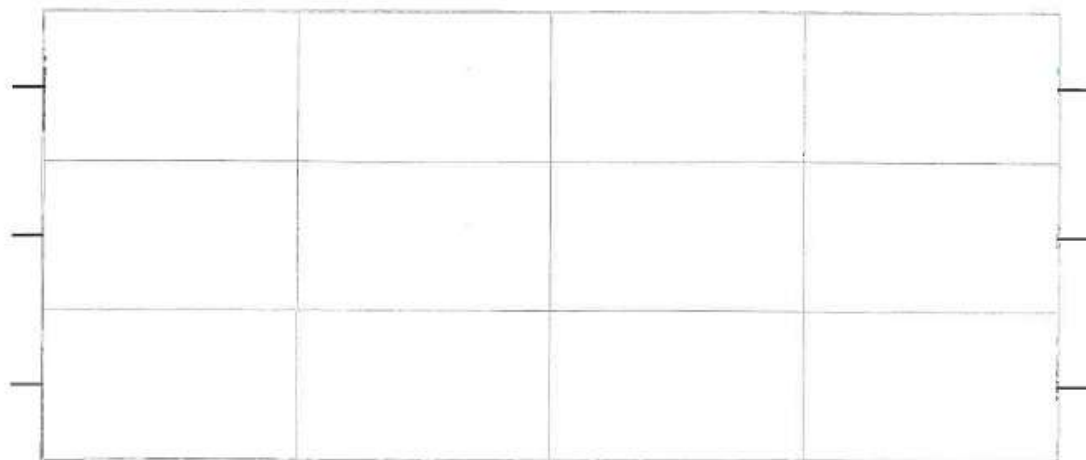
Dispersion des caractéristiques (%) : 2.00

Vieillessement des modules (%/an) : 0.44



N'imprimez ce document que si cela est nécessaire, et si possible sur papier recyclé

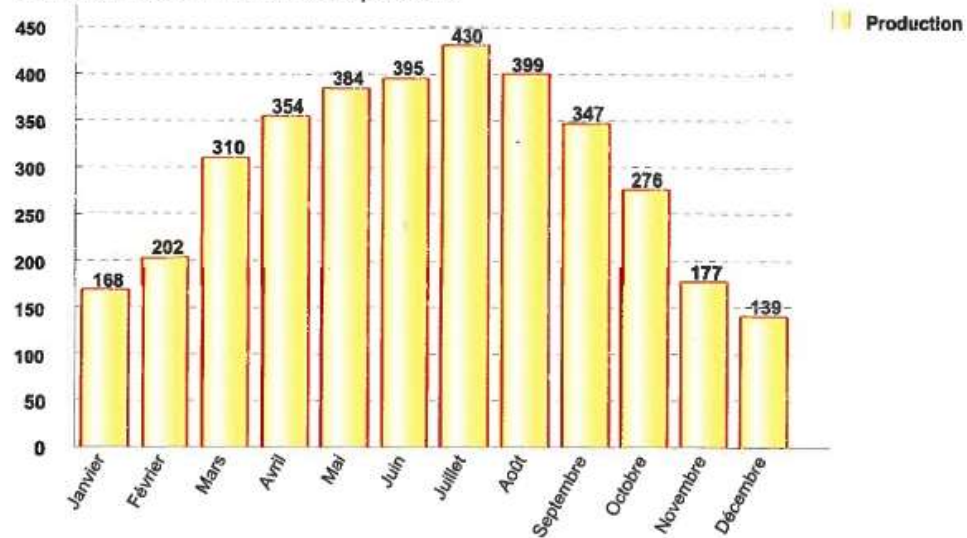
Schéma de calepinage du champ numéro 1



N'imprimez ce document que si cela est nécessaire, et si possible sur papier recyclé

Détails de production (moyenne sur la durée d'observation) :

Production DC en kWh du champ : 3 kwc



Indicateur de validité du champ

	Status	Valeur	Mini	Maxi
Courants d'entrée onduleurs (A)	KO	24.48		17.00
Tensions d'entrée onduleurs (V)	OK	124.79		550.00
Tensions d'entrée (V)	OK	124.79		1 000.00
Ratio P nominale onduleurs/P crête (%)	OK	1.06	0.70	1.10

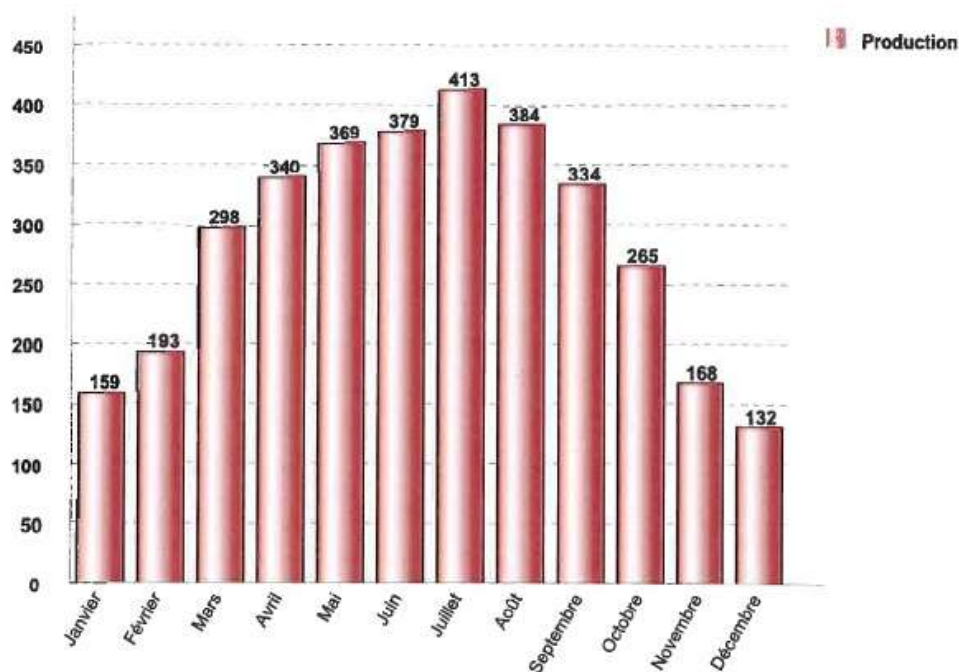


N'imprimez ce document que si cela est nécessaire, et si possible sur papier recyclé

Résultats de production (moyenne sur la durée d'observation):

<b>Nombre total de modules</b>	12
<b>Puissance crête (kWc)</b>	3.0
<b>Production annuelle DC (kWh)</b>	3 586
<b>Production annuelle AC (kWh)</b>	3 439
<b>Besoins annuels (kWh)</b>	0
<b>Productible spécifique DC (kWh/kWc)</b>	1 195
<b>Productible spécifique AC (kWh/kWc)</b>	1 146
<b>Ratio de performance moyen* (%)</b>	77.57

Production et besoins mois par mois en kWh :



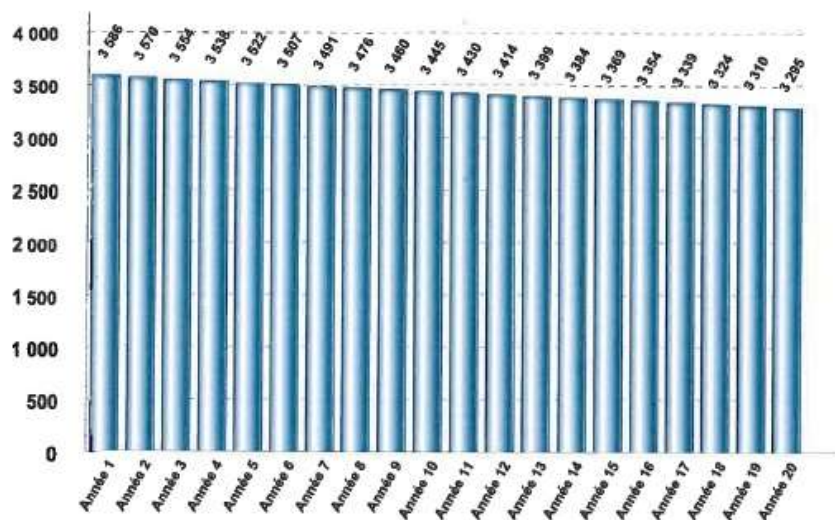
\*Valeur moyenne du ratio de performance pendant la durée d'observation



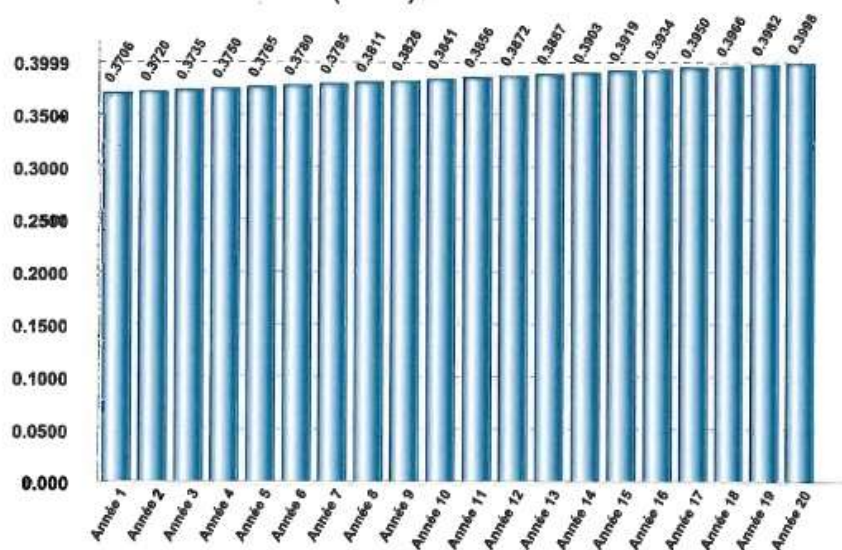
N'imprimez ce document que si cela est nécessaire, et si possible sur papier recyclé

Résultats détaillés :

Productions annuelles AC (kWh) :



Tarif d'achat de l'électricité (€/kWh) :



N'imprimez ce document que si cela est nécessaire, et si possible sur papier recyclé



### 10.3 ANEXOS 3: Ejemplo de seguro de las empresa instaladora.



#### ATTESTATION D'ASSURANCE DE LA RESPONSABILITE CIVILE DECENNALE DES ENTREPRISES DU BATIMENT

L'entreprise d'assurance GROUPAMA RHONE-ALPES AUVERGNE, 50 Rue de St CYR - LYON, atteste que la Sté ELECTRO LOIRE ENERGIE domicilié « Les Chalayes » 42660 ST GENEST MALIFAUZ, est titulaire d'un contrat "RESPONSABILITE CIVILE DECENNALE" n° 40404501Q - 0002, souscrit le 07/01/2008.

Cette attestation concerne les chantiers ouverts entre le 01/01/2011 et le 31/12/2011 et relevant de l'obligation d'assurance instituée par la loi n° 78-12 du 4 janvier 1978 modifiée. Pour les marchés d'entreprise : en tant que locateur d'ouvrage ou sous-traitant, titulaire d'un marché de travaux que l'assuré exécute lui-même ou avec son propre personnel, et pour lequel il peut accessoirement faire appel à des sous-traitants pour des métiers ou activités qu'il déclare exercer :

**Métier : Réalisation d'Installations Solaires Photovoltaïques, comprenant l'étanchéité des toitures sur lesquels s'intègrent les panneaux.**

Ce contrat, géré selon le principe de capitalisation, est conforme aux dispositions générales et réglementaires relatives à l'assurance obligatoire dans le domaine du bâtiment et a été souscrit pour les interventions de l'assuré sur des chantiers dont le coût global unitaire de l'opération de construction n'est pas supérieur à 12.000.000 €.

A ce titre, la garantie s'applique pendant 10 ans à compter de la réception, à la réparation des dommages aux travaux visés ci-dessus engageant la responsabilité de l'entreprise sur le fondement des articles 1792, 1792 - 2, et 2270 du Code Civil.

Dans les conditions précisées au contrat, la garantie s'applique également pour les dommages de la nature de ceux visés aux articles 1792 et 1792 - 2 du Code Civil lorsque l'assuré est intervenu sur un chantier en tant que sous-traitant.

La présente attestation ne peut engager GROUPAMA RHONE ALPES AUVERGNE, en dehors des limites précisées par les clauses et conditions du contrat auquel elle se réfère. En outre toute adjonction ou modification matérielle du texte de l'attestation entraîne la nullité de cette dernière.

Fait à Lyon, le 21 janvier 2011  
Pour servir et valoir de ce que de droit,

Pour GROUPAMA  
Par délégation

Groupama Rhône-Alpes Auvergne  
50 rue de St Cyr - 69251 LYON CEDEX 09

Groupama Rhône-Alpes Auvergne  
AGENCES ENTREPRISES ET COLLECTIVITÉS

Les Alpes : 462 rue Nicolas Parent - 73026 Chambéry cedex - Tél. 04 79 68 24 46 - Fax. 04 79 68 25 50  
Rhône-Loire : 50 rue de Saint-Cyr - 69251 Lyon cedex 09 - Tél. 04 77 91 20 79 - Fax. 04 77 91 20 54  
Centre-Auvergne : 50 rue de Saint-Cyr - 69251 Lyon cedex 09 - Tél. 04 72 85 54 70 - Fax. 04 72 85 59 14  
Ain - Saône-et-Loire : 206 chemin des 4 pilles - BP 528 - 71010 Macon Cedex - Tél. 03 85 21 22 96 - Fax. 03 85 21 23 02

Caisse Régionale d'Assurances Mutuelles Agricoles de Rhône-Alpes Auvergne : 50, rue de Saint-Cyr - 69251 Lyon Cedex 09. Groupama-Vie : SA au capital de 165 740 000 € (entièrement versé)  
722 025 079 RCS Bobigny - S-7, rue du Centre - 93199 Morsy-le-Grand Cedex - Entreprises régies par le Code des Assurances

www.groupama.fr

INT 872208

10.4 ANEXOS 4 :Certificación de calidad de la empresa.

Attestation

19 avril 2012




**ELECTRO LOIRE ENERGIE**  
**M. NICOLAS**  
 Les Chalayes  
 42660 ST GENEST MALIFAUX

Entreprise titulaire de l'  
**Appellation QualiPV module Elec millésime 2012**  
 Engagée pour la qualité d'installation des générateurs photovoltaïques raccordés au réseau (compétence électrique).

*Délivrée le 19 avril 2012*

**Appellation QualiPV module Bât millésime 2012**  
 Engagée pour la qualité d'installation des générateurs photovoltaïques raccordés au réseau (compétence intégration au bâti).

*Délivrée le 19 avril 2012*

➔ **Numéro QualiPV : QPV/30751/2012/EB**  
 Forme juridique : SARL  
 Police d'assurance responsabilité civile  
 - générale au 11/12/2011 : 404045010006 - GROUPAMA SA (Paris)  
 - décennale au 11/12/2011 : 404045010006 - GROUPAMA SA (Paris)  
*L'entreprise s'engage à renouveler toute assurance obligatoire pendant la durée de son engagement*

  
**André Joffre,**  
*Président de Qualit'EnR*

Toutes les coordonnées de cette entreprise sur [www.qualit-enr.org](http://www.qualit-enr.org), rubrique « Annuaire »

---

**Association Qualité Energies Renouvelables**  
 Siège social  
 96 rue de la Victoire • 75009 PARIS  
 SIRET 489 907 360 00015



**QualiPV** est une appellation gérée par Qualit'EnR.  
 L'association Qualit'EnR est propriétaire de la marque collective communautaire QUALIPV n° 009007204 déposée dans les classes 9, 35, 37, 38, 41 et 42

La présente attestation délivrée le 19 avril 2012 est valable jusqu'au 30 avril 2013, sous réserve du respect des conditions définies dans le règlement d'usage de l'appellation.



## 10.5 ANEXOS 5 : Convertidor SMA 300 TL.



## 10.6 ANEXOS 6: Tabla de características de los paneles solares AUVERS'TYLE II.

### AUVERS'TYLE® II

La solution d'intégration pour le résidentiel

#### Gamme de panneaux

REFERENCE PRODUIT	AVG250C60NN	AVG250M60NN	AVG260C60NN	AVG265C60NB	AVG265M60NB
Type de Cellule	FS cast	PS mono type P	FS cast	FS cast	PS mono type P
Dimensions (mm)	156 x 156 (6 pouces)	156 x 156 (6 pouces)	156 x 156 (6 pouces)	156 x 156 (6 pouces)	156 x 156 (6 pouces)
<b>CARACTERISTIQUES DES MODULES</b>					
Nombre de Cellules	60	60	60	60	60
Puissance nominale (Pmpp)	250 Wc	150 Wc	260 Wc	265 Wc	265 Wc
Puissance nominale par m²	151,7 Wc/m²	15,7 Wc/m²	157,8 Wc/m²	160,8 Wc/m²	160,8 Wc/m²
Tolérance	0 / +4 Wc	0 / +4 Wc	± 4 Wc	± 4 Wc	± 4 Wc
Tension à la puissance nominale (Vmpp)	30,56 V	11,20 V	31,02 V	31,66 V	32,25 V
Intensité à la puissance nominale (Impp)	8,25 A	8,16 A	8,40 A	8,40 A	8,30 A
Tension Circuit Ouvert (Voc)	37,3 V	38,3 V	37,6 V	37,6 V	38,6 V
Intensité Court Circuit (Icc)	8,82 A	8,74 A	8,95 A	8,96 A	8,86 A
Rendement module	15,20%	15,20%	15,80%	16,10%	16,10%
Tension maximale système	1000 V	1000 V	1000 V	1000 V	1000 V
<b>INFLUENCE DE LA TEMPERATURE</b>					
Tension / Température	-129,7 mV/°C	-9,8 mV/°C	-130,7 mV/°C	-130,7 mV/°C	-91,8 mV/°C
Intensité / Température	4,41 mA/°C	2,12 mA/°C	4,48 mA/°C	4,48 mA/°C	2,92 mA/°C
Puissance / Température	-0,37 %/°C	-0,37 %/°C	-0,37 %/°C	-0,37 %/°C	-0,37 %/°C
<b>CARACTERISTIQUES PHYSIQUES</b>					
Longueur (± 2 mm)	1,696 m	1,696 m	1,696 m	1,696 m	1,696 m
Largeur (± 2 mm)	1,007 m	1,007 m	1,007 m	1,007 m	1,007 m
Epaisseur	20 mm	20 mm	20 mm	20 mm	20 mm
Surface	1,708 m²	1,708 m²	1,708 m²	1,708 m²	1,708 m²
Poids surfacique	10,54 kg/m²	10,54 kg/m²	10,54 kg/m²	10,54 kg/m²	10,54 kg/m²
Backsheet	Noir	Noir	Noir	Blanc	Blanc



V3.102011.

#### Gamme de cellules



Cellule FS CAST



Cellule PS MONO



90% de la production minimale garantie



80% de la production minimale garantie

## 10.7 ANEXOS 7 :Presupuesto del proyecto de 9kW.

Suite Affaire Photovoltaïque ABRIAL 9 Kwc



Installation d'un champ photovoltaïque raccordé au réseau.

**Données du projet :**

- inclinaison du toit 30°
- orientation du toit sud/sud ouest 15°
- intégration en toiture sur 1 toit

**1 - DESCRIPTIF MATERIELS**

**Champ photovoltaïque en intégration toiture de 9 KWc comprenant:**

- 1 champ de 36 TUILES SOLAIRES AUVER'STYLE DE 250W DE MARQUE AUVER'SUN ( fabrication Française à Clermont Ferrand )
- surface totale de 69 m<sup>2</sup>
- éléments de structure et d'étanchéité type AUVER'STYLE intégré en toiture ( intégration éligible tarif achat 37,06 cts - septembre 2011 )
- 1 onduleur SMA SUNNY CENTRALE 7000 HV affichage digital synchrone réseau agrément EDF ( produits en Allemagne )
- 1 ensemble de connectiques MC4
- cable solaire ext souple 1x6mm<sup>2</sup>
- 1 coffret de protection courant alternatif avec protection foudre et disjoncteur différentiel
- 1 coffret de protection courant continu avec protection foudre et interrupteur sectionneur continu
- 1 cable de terre 6 mm<sup>2</sup>
- 1 mise à la terre des équipements
- cablage de ces ensembles
- tubes,gaines,goulottes
- cable alternatif U1000RO2V
- finition tuile autour du champ
- réinjection au réseau
- essais,mise en service et formation de l'exploitant
- démarches administratives
- consuel
- frais de raccordement au réseau EDF

## **2 - CONFORMITEES MATERIELS**

- tuiles photovoltaïques de marque AUVERSUN type AUVERSTYLE d'une puissance de 250W utilisant la technologie monocristallines.

**Conformes à la norme CEI 61215 (crédit d'impôt)**

- Onduleur de marque SMA type SUNNY CENTRALE 7000 HV assurant la réinjection de l'énergie sur le réseau public.

**Conformes à la protection de découplage selon la norme DIN VDE 0126-1-1 (crédit d'impôt)**

- éléments de structure et d'étanchéité type AUVERSTYLE intégré en toiture

**Conforme à l'intégration éligible au tarif d'achat de 0,3706 applicable au 1er avril 2012**

## **3 - PROTECTION DES BIENS ET DES PERSONNES**

- 1 Parafoudre pour courant alternatif

- 1 Parafoudre pour courant continu

- coffret placé en aval de l'onduleur équipé de disjoncteurs (afin d'isoler l'onduleur pour la protection de découplage interne)

- 1 sectionneur courant continu intégré à l'onduleur pour assurer le sectionnement hors charge

- 1 mise à la terre du champ photovoltaïque des parafoudres et de l'onduleur.

## **4 - GARANTIE**

### **- Modules photovoltaïques**

garantie produit 10 ans

garantie de production pendant 12 ans sur 90% de la puissance nominale

garantie de production pendant 25 ans sur 80% de la puissance nominale

### **- Onduleurs**

garantie 5 ans ( possibilité garantie à 20 ans)

### **- Structure**

garantie 10 ans

## **5 - LIMITES DE PRESTATIONS**

- frais d'abonnements EDF

**6 - BILAN FINANCIER**

- MONTANT MATERIELS T.T.C

**25 693.90**

- MONTANT MAIN D'OEUVRE T.T.C

**4 200.00**

- ESTIMATION DE PRODUCTION

**10 317 Kwh**

- TARIF DE VENTE A EDF

**0.3706 euro/KWh**

- GAIN ANNUEL ESTIME ( vente à EDF )

**3 823 euro/ans**